

HB 432

S P R E N G E R I N S T I T U U T
Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen
Tel.: 08370-19013

*(Publikatie uitsluitend met
toestemming van de direc-
teur)*

RAPPORT NO. 2019

Ir. J.W. Rudolphij, Drs. L.M.M. Tijskens,
Ir. G. van Beek

DE KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOELCEL C.Q. DE WARM-
TEBEHOEFTE VAN EEN STOOKCEL (BESCHRIJVING VAN
EEN REKENPROGRAMMA GENOEMD "KOCA")

*COOLING REQUIREMENT AND ENERGY CONSUMPTION OF
A REFRIGERATION ROOM C.Q. HEATING REQUIREMENT
AND ENERGY CONSUMPTION OF A HEATING ROOM
(THEORY AND PLAN OF A COMPUTER PROGRAM NAMED
"KOCA")*

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut.
Project no. 85, 1979.

105634

SAMENVATTING

Dit rapport behandelt de theorie en de opzet van een rekenprogramma voor het vaststellen van de netto te installeren koelcapaciteit of verwarmingscapaciteit, het energieverbruik en de warmte- en vochtinhoud bij koel- en stookcellen.

Omdat het rapport alleen dient om de gevolgde werkwijze vast te leggen, bevat het slechts een minimum aan verklarende tekst.

Onder het woord "netto" wordt in dit verband verstaan, dat de resultaten van het rekenprogramma betrekking hebben op de warmtewisselaar (s) in de koel- of stookcel. Verliezen in de koel- of verwarmingsinstallatie blijven buiten beschouwing. Het is de verantwoordelijkheid van de installateur om voor zijn installatie bij het netto resultaat van de berekening nog de warmteverliezen in rekening te brengen. De gebruiker (koper van de apparatuur) behoeft slechts de garantie, dat de installatie de berekende topbelasting van de cel aan kan.

Het rekenprogramma maakt gebruik van vier modellen voor het koelproces (produkttemperatuur als functie van de tijd). Dit zijn uitersten en zij geven de condities voor het snelste en het langzaamste koelproces, dat gevolgd kan worden bij een gegeven serie voorwaarden.

Het snelste koelproces heeft het nadeel, dat ten opzichte van het traagste koelproces een aanmerkelijk grotere koelcapaciteit moet worden geïnstalleerd maar het heeft tegelijkertijd in de meeste gevallen het voordeel, dat het vochtverlies bij het produkt wordt beperkt.

Om koelprocessen te laten verlopen volgens één van de vier modellen is bijzondere koel- of regelapparatuur nodig. Warmtewisselaars, die groter zijn dan normaal of een sturing van de temperatuur van de warmtewisselaar aan de hand van de produkttemperatuur.

Het verloop van een koelproces bij een normale koelinstallatie, die niet is uitgerust met bijzondere voorzieningen, zal liggen tussen de genoemde uitersten.

De keuze van de koelcapaciteit, die geïnstalleerd zal worden, hangt dan samen met de keuze van het koelproces, dat bij voorkeur moet worden benaderd.

Wageningen, 1979

JWR/LMMT/GvB/SEP

SUMMARY

This report treats the theory and the plan of a computer program designed to calculate the nett cooling or heating requirement, the energy consumption and the heat and moisture balance for refrigeration and heating rooms to be used for fruits, vegetables, flower bulbs and cut flowers.

While the purpose of this report is only to describe the working method, the report contains a minimum of explanatory notes.

The word "nett" in this context means that the results of the calculation apply to the heat exchanger (s) inside the storage room. Heat-losses in cooling or heating equipment have been left out of consideration. It is the responsibility of the designer to make the necessary additions.

The user (buyer of the equipment) only needs the guarantee that the calculated top load inside the storage room can be met by the equipment if necessary.

The computer program makes use of 4 cooling models for product temperature against time. These are extremities to both sides and give the conditions for the fastest and the slowest possible process which can be followed in the same case with the same input data.

The fast process has the disadvantage of the higher cooling requirement but in most cases the advantage of limiting moisture loss. To perform the cooling process according to one of the 4 models special cooling equipment is necessary.

Heat exchangers bigger than usual or controlling of the cooler temperature by means of the product temperature. A real equipment without provisions of this type performs between these models. The choice for installing a certain cooling capacity has to be made considering which cooling process preferably must be approximated.

INHOUDSOPGAVE

LIST OF CONTENTS

	bldz.
1. Lijst van gebruikte symbolen <i>List of symbols</i>	4
2. Grondslag voor de berekening <i>Basis for the calculation</i>	17
3. Koelprocessen <i>Models for the cooling process</i>	19
4. Subroutines voor de warmte- en vochtinhoud van de circulatie- en ventilatielucht <i>Subroutines for the heat and moisture content of the circulation and ventilation air</i>	28
5. Stuurmatrix voor de berekening en de uitvoer <i>Matrix to control the calculation and the output</i>	39
6. Procedures tijdens de invoer van de gegevens <i>Input of data</i>	42
7. Rekenformules aan de hand van de elementen van de stuurmatrix <i>Calculation formulae connected with the elements of the control matrix</i>	56
8. Voorbeeld van een uitdraai <i>Example of the output</i>	108
 <u>Bijlagen:</u>	
<i>Annexes:</i>	
1. Formulier voor de invoer van gegevens <i>Sheet for data input</i>	112
2. "KOCA PROD"	115
3. "KOCA KLIM"	118
4. "KOCA MAT"	119

1. LIJST VAN GEBRUIKTE SYMBOLEN
LIST OF SYMBOLS

Symbool	Dimensie	Definitie
A	kW/ton	constante in de warmteproductiefunctie <i>constant in heat production function</i>
A(T)	kJ/kg	enthalpie droge lucht <i>enthalpy per unit mass of dry air</i>
B	K	constante in de warmteproductiefunctie <i>constant in heat production function</i>
c_e	kJ/kg·K	soortelijke warmte verpakkingsmateriaal <i>specific heat capacity packing material</i>
c_p	kJ/kg·K	soortelijke warmte produkt <i>specific heat capacity of the product</i>
Ce	kJ/K	$= \sum 1000 m_e \cdot c_e$
d	m	laagdikte <i>thickness of a layer</i>
En	kWh of kWh/dag	posten bij de berekening van het elektriciteitsverbruik <i>elements of the calculation of the expected use of electricity</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
$f \left(\frac{T_a}{T_e} \middle \frac{P_v}{P_v} (T_e) \right)$	-	<p>verhoudingsfactor "volumestroom ventilatie uit/volumestroom ventilatie in"</p> <p><i>ratio "ventilation volume flow out/ ventilation volume flow in" (subroutine 4.5)</i></p>
$F(T_a)$	kg damp/Pa·h	<p>dampinhoud van de circulatie luchtstroom per eenheid van dampdruk</p> <p><i>vapour content of the circulation air current per unit of vapour pressure</i></p> $= \frac{I_{cc}}{(T_a \text{ abs}) 461,5}$ <p><i>(subroutine 4.6)</i></p>
H_n	kg damp	<p>verschil in dampinhoud van de cellucht tussen twee gegeven temperatuur- en vochtigheids-situaties</p> <p><i>difference in vapour content of the air in the room between two indicated temperature and humidity situations</i></p>
I_c I_i I_{p1} I_{p2} I_{p3} I_{p4} I_v I_w	<p>kg water</p> <p>kg ijs</p> <p>Pa·h</p> <p>Pa·h</p> <p>Pa·h</p> <p>Pa·h</p> <p>kg damp · K</p> <p>h</p>	<p>integralen die gespecificeerd zijn bij de start van iedere berekening in hfdst. 7</p> <p><i>integrals which are specified at the start of each calculation in chapter 7</i></p>
I_{vc}	m ³ /h	<p>ventilatie koelen</p> <p><i>fan rate ventilation during cooling</i></p>

Symbool	Dimensie	Definitie
I _{cc}	m ³ /h	circulatie koelen <i>fan rate circulation during cooling</i>
I _{vs}	m ³ /h	ventilatie bewaren <i>fan rate ventilation during storage</i>
I _{cs}	m ³ /h	circulatie bewaren <i>fan rate circulation during storage</i>
I(T)	kJ/kg	enthalpie van ijs <i>enthalpy per unit mass of ice</i>
J	-	aantal wanden van een cel d.w.z. wanden, die verschillen in constructie of buitentemperatuur <i>number of walls of the room; this means walls that differ in construction or temperature at the outside</i>
k	h ⁻¹	k = ln 2/t _{1/2} ; constante van de temperatuurfunctie bij exponentieel koelen <i>constant in the temperature function of the exponential cooling process</i>
K	W/m ² K	K-waarde <i>K-value of the insulation</i>
l	-	rangordenummer <i>ordinal number</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
L	kWh/dag	energieverbruik verlichting en andere warmtebronnen <i>energy consumption of lighting and other heat sources</i>
Lv	W	vermogen verlichting en andere warmtebronnen <i>capacity of lighting and other heat sources</i>
m _e	ton	massa per soort verpakking <i>mass per type of packing material</i>
m _h	h/dag	draaiuren van de circulatieventilator per dag <i>working hours of the circulation fan in a day</i>
m _p	ton	massa van het produkt <i>mass of the product</i>
ṁ	kg water/kg produkt · Pa.s	vochtafgiftcoëfficiënt <i>coefficient for moisture transfer from product to air</i>
Mn	kg water of kg water/dag	posten van de waterhuishouding <i>elements of the calculation of the moisture balance</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
Me	kg	= $\Sigma 1000 m_e$; massa van de verpakking <i>mass of the packing material</i>
Ma (T; Pv)	kg/m ³	massa droge lucht per volume-eenheid <i>dry air mass per unit volume (subroutine 4.3)</i>
Mv (T; Pv)	kg/m ³	massa vocht per volume-eenheid <i>vapour mass per unit volume (subroutine 4.2)</i>
n	-	rangorde nummer <i>ordinal number</i>
n _h	h/dag	draaiuren van de ventilatie-ventilator per dag <i>working hours of the ventilation fan in a day</i>
N	-	aantal charges <i>number of intakes</i>
Pn	Pa	hulpdampdruk gespecificeerd ter plaatse <i>auxiliary vapour pressure specified where used</i>
Pv	Pa	dampdruk <i>vapour pressure</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
$P_s (T)$	Pa	verzadigde dampdruk bij temperatuur T <i>saturated vapour pressure at temperature T (subroutine 4.1)</i>
$P_v(T_e) = \left\{ \begin{array}{ll} P_v(T_{e1}) & \text{Pa} \\ P_v(\hat{T}_e) & \text{Pa} \\ P_v(\overline{T}_e) & \text{Pa} \end{array} \right\}$ $P_v(\hat{T}_e) = \left\{ \begin{array}{ll} \text{of } P_v(T_{e \text{ max}}) & \text{Pa} \\ \text{of } P_v(T_{e \text{ min}}) & \text{Pa} \end{array} \right\}$		dampdrukken van de buitenlucht (resp.: 1 ^e maand; behorende bij maximum of minimum temperatuur in een opgegeven periode; behorende bij de gemiddelde temperatuur in een opgegeven periode) <i>outdoor vapour pressure (first month; going with maximum or minimum temperature in a given period; going with the mean temperature in a given period)</i>
$P_v(T_i) = \left\{ \begin{array}{ll} \hat{P}_v(T_i) & \text{Pa} \\ \overline{P}_v(T_i) \text{ 1} & \text{Pa} \\ \overline{P}_v(T_i) \text{ 2} & \text{Pa} \end{array} \right\}$		dampdrukken, die zijn gespecificeerd voor de bewaarsituatie (zie hfdst. 6.19) <i>vapour pressures which are specified for the storage situation (see chapter 6.19)</i>
<u>Voor de koelsituatie</u> <i>(Cooling or heating)</i>		
$P_{vc1}(T_p; T_a; l)$	Pa	dampdruk koellucht <i>vapour pressure cold air</i>
$P_{vc2}(T_p; T_a; l)$	Pa	dampdruk retourlucht <i>vapour pressure of the air returning to the heat exchanger (subroutine 4.6)</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
<u>Voor de bewaarsituatie (Storage)</u>		
Pvs1 (Pv (Ti) ; Pv (Te) ; Te ; Ivs) Pa		idem Pvc1 <i>ditto Pvc1</i>
Pvs2 (Pv (Ti) ; Pv (Te) ; Te ; Ivs) Pa		idem Pvc2 <i>ditto Pvc2</i> <i>(subroutine 4.7)</i>
Pvs*1 (Pv (Te) ; Te ; Ivs) Pa		hulpdampdruk (zie subroutine 4.8 en hfdst. 6.19) <i>auxiliary vapour pressure (see subroutine 4.8 and chapter 6.19)</i>
Qn	W	posten van de warmtehuishouding (capaciteitsberekening) <i>elements of the calculation of the heat balance (calculation of the capacity)</i>
Qn'	kWh of kWh/dag	idem Qn echter nu voor het energieverbruik <i>ditto Qn but now for the estimation of the use of energy</i>
r	-	draaiuren van de compressor per dag/24 uur <i>working hours of the compressor in a day/24 hours</i>
rh of Φ	%	relatieve vochtigheid <i>relative humidity</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
r_n	$\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h}$ of $\text{kg}_{\text{lucht}}/\text{h}$	damp- of luchtmassa in de ventilatieluchtstroom (gespecificeerd waar gebruikt) <i>vapour or dry air mass in the ventilation air current (specified where used)</i>
$R (T_a, T_e)$	kW	instraling <i>totalized heat flow through the walls</i>
S	m^2	oppervlak <i>area</i>
S_{ij}	-	stuurmatrix (zie hfdst.5) <i>control matrix (see chapter 5)</i>
$\text{Sgn} (x)$	-	$\text{Sign} (x)$ voor $x > 0 \quad \text{Sgn} (x) = +1$ $x = 0 \quad \text{Sgn} (x) = 0$ $x < 0 \quad \text{Sgn} (x) = -1$
t	h	tijd <i>time</i>
$t_{\frac{1}{2}}$	h	halfkoeltijd <i>half cool time</i>
t_1	h	kenmerkende tijden voor resp. exponentieel koelproces, geforceerd exponentieel koelproces, lineair koelproces, geforceerd lineair koelproces <i>characteristic times for resp. exponential cooling process, forced exp. cooling process, linear cooling process, forced linear cooling process</i> (hfdst. 3 en de figuren 1, 2, 3 en 4)
t_2	h	
t_3	h	
t_4	h	

Symbol	Dimensie	Definitie
t_2^*	h	tijdstippen waarop $T_k \uparrow 0^\circ\text{C}$ voor de verschillende koelprocessen
t_3^*	h	
t_4^*	h	<i>time where $T_k \uparrow 0^\circ\text{C}$ for the different cooling processes mentioned before</i>
Δt	h	tijd tussen charges <i>time between intakes in the case of fractional loading</i>
T	$^\circ\text{C}$	temperatuur <i>temperature</i>
T_{abs}	K	absolute of thermodynamische temperatuur <i>absolute or thermodynamic temperature</i> $(T_{\text{abs}} = T + 273,15)$
T_a	$^\circ\text{C}$	luchttemperatuur <i>air temperature</i>
$T_e = \begin{cases} T_{e1} \\ T_e \\ \overline{T_e} \end{cases}$	$^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}$	temperatuur buitenlucht (resp. 1e maand; maximum of minimum in een gegeven periode; gemiddelde in een gegeven periode) <i>outdoor temperature (resp. first month; max. or min. in a given period; mean temperature in that period)</i>
waarin:		
$\hat{T}_e = \begin{cases} \text{of } T_e \text{ max} ; T_e \uparrow \\ \text{of } T_e \text{ min} \end{cases}$	$^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}$	
T_e^*	$^\circ\text{C}$	zelf gekozen buitentemperatuur <i>own choice outdoor temperature</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
T_i	$^{\circ}\text{C}$	celtemperatuur of produkttemperatuur bij $t = T$ <i>room temperature or final product temperature</i>
$T_{i \text{ min}}$	$^{\circ}\text{C}$	minimum koellucht temperatuur (hfdst. 3) <i>Specified minimum safe air temperature (chapter 3)</i>
$T_{i \text{ min}}^*$	$^{\circ}\text{C}$	berekende minimum koellucht temperatuur bij een geforceerd lineair koelproces (hfdst. 3) <i>calculated minimum air temperature used in the forced linear cooling model (chapter 3)</i>
$T_k (t)$	$^{\circ}\text{C}$	temperatuur van de warmtewisselaar tijdens koelen of verwarmen <i>mean temperature of the heat exchanger during cooling or heating</i>
T_{ks}	$^{\circ}\text{C}$	idem T_k echter tijdens bewaring <i>ditto T_k but during storage</i>
ΔT_k	$^{\circ}\text{C}$	temperatuurverschil tussen koeloppervlak en uitstromende lucht tijdens koeling <i>temperature difference between T_a and T_k during cooling down</i>
ΔT_{ks}^*	$^{\circ}\text{C}$	idem ΔT_k maar nu tijdens bewaring <i>ditto ΔT_k but during storage</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
ΔT_{ks}	$^{\circ}\text{C}$	temperatuurverschil tussen koelerooppervlak T_k en de celtemperatuur T_i in de bewaarsituatie <i>temperature difference between T_k and T_i during storage. When drying is asked for $\Delta T_{ks} > \Delta T_{ks}^*$. When a humidifier is used $\Delta T_{ks} \leq \Delta T_{ks}^*$. Normal $\Delta T_{ks} = \Delta T_{ks}^*$.</i>
T_o	$^{\circ}\text{C}$	inzettemperatuur produkt <i>initial product temperature</i>
$T_p(t)$	$^{\circ}\text{C}$	produkttemperatuur <i>product temperature</i>
T_v	$^{\circ}\text{C}$	temperatuur van de damp bij een stoombevochtiger <i>vapour temperature of a vapour or steam humidifier</i>
$T_1 = T_p(t_1)$	$^{\circ}\text{C}$	kenmerkende produkttemperaturen voor de verschillende koelprocessen <i>characteristic product temperatures for the different cooling processes</i> (zie hfdst. 3 en de figuren 1, 2, 3 en 4)
$T_2 = T_p(t_2)$	$^{\circ}\text{C}$	
$T_3 = T_p(t_3)$	$^{\circ}\text{C}$	
$T_4 = T_p(t_4)$	$^{\circ}\text{C}$	
$T_3^* = T_p(t_3^*)$	$^{\circ}\text{C}$	produkttemperatuur op het moment dat $T_k \uparrow 0^{\circ}\text{C}$ bij de lineaire koelprocessen <i>product temperature at the moment $T_k \uparrow 0^{\circ}\text{C}$ for the linear cooling processes</i>
$T_4^* = T_p(t_4^*)$	$^{\circ}\text{C}$	
V	m^3	celvolume <i>volume of the room</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
V (T)	kJ/kg	enthalpie van de damp <i>enthalpy per unit mass of vapour (subroutine 4.4)</i>
\hat{w}	kg water/h	hoeveelheid water afgegeven door de bevochtiger
\overline{w}	kg water/dag	<i>amount of water sprayed in the air with the humidifier</i>
W (T)	kJ/kg	enthalpie van het condenswater <i>enthalpy per unit mass of condens water (subroutine 4.4)</i>
α_c	-	kenmerkt het type warmtewisselaar: α_c in geval van koeling of verwarming
α_s	-	α_s in geval van bewaring <i>pointer representing the type of heat exchanger: α_c for cooling or heating α_s for storage</i> $\alpha = -1$: droge koeler <i>dry cooler</i> $\alpha = 0$: natte koeler <i>wet cooler</i> $\alpha = +1$: geen koeler aanwezig <i>cooler absent</i>
β	aantal/dag	geschat aantal inschakelingen van de circulatieventilator en/of de compressor bij intermitterend koelen gedurende bewaring <i>estimated number of switch on's of the circulation fan and/or the compressor in the case of intermittent cooling during storage</i>

Symbool	Dimensie	Definitie
T	h	koeltijd <i>maximum allowed cooling time</i>
λ	$W/m \cdot K$	warmtegeleidingscoëf- ficiënt <i>thermal conductivity</i>

2. GRONDSLAG VOOR DE BEREKENING

BASIS FOR THE CALCULATION

De berekening van de koudebehoefte c.q. warmtebehoefte (uitgedrukt in het eindresultaat als een negatieve koudebehoefte) geschiedt op basis van een enthalpie balans voor de circulerende lucht in de opslagruimte.

The calculation of the cooling or heating requirement (the latter shows up in the results as a negative cooling requirement) is based on an enthalpy balance for the circulating air in the storage room.

Zo'n balans luidt in een algemene vorm:

$$\frac{\text{ophoping of afname}}{\text{tijdséénheid}} = \text{stroom in} + \frac{\text{produktie}}{\text{tijdséénheid}} - \text{stroom uit.}$$

Wanneer de balans zuiver wordt toegepast op de vochtige lucht in de ruimte is er van produktie geen sprake. Verder wordt er van uitgegaan, dat zowel in stationaire toestand (bewaring) als in niet-stationaire toestand (koelen of opwarmen) het systeem op ieder moment in evenwicht is. Van ophoping of afname van de enthalpie is dan evenmin sprake.

Resteert:

$\text{stroom uit} = \text{stroom in}$
--

Balans (Balance)

stroom uit

= stroom in

flow out

flow in

koudebehoefte = warmtestroom via
koeler (negatief via heater)

heat flow rate via cooler

(negative via heater)

afname (toename) veldwarmte per
tijdseenheid;

decrease (increase) field heat

per unit time

warmteproductie;

heat production

instraling;

heat flow rate through the walls

condens of ijsproductie;

production of condens or ice

ventilatorwarmte, verlichting e.d.;

heat flow rate from fans, lights etc.

vochtafgifte door het produkt;

*moisture transfer from product to
air*

vochtafgifte door bevochtiger of
warmtestroom van droger*;

*moisture transfer from humidifier to
air or heat flow rate from drier**

ventilatie uit;

heat flow rate from ventilation out

ventilatie in;

heat flow rate from ventilation in

* Een droger = een koeler - heater combinatie

* A drier = a cooler - heater combination

De koudebehoefte is gelijk aan de rekenkundige som van de overige genoemde warmteposten, waarbij de warmteposten van de linkerzijde van de balans, voorzien van een minteken, zijn overgebracht naar de rechterzijde van de balans. In die vorm worden de genoemde bijdragen in de warmtehuishouding teruggevonden bij de uitvoer van het rekenprogramma.

The cooling requirement is equal to the arithmetical sum of the other terms of the given balance. In order to make that sum the terms from the left hand side are transferred to the right hand side and at the same time multiplied by -1. In that form one can find the different contributions to the heat balance of the room in the output of the computer program.

3. KOELPROCESSEN

MODELS FOR THE COOLING PROCESS

Op basis van de ingevoerde gegevens wordt een keuze gemaakt welke koelprocessen in de berekeningen zullen worden meegenomen. Vier mogelijke koelprocessen worden onderscheiden + een variant op één ervan.

The character of the input data determines which of the possible cooling models, product temperature vs. time, is going to be used in the calculations. There are 4 models + a variant of one of them.

I exponentieel koelproces (fig. 1)
 exponential cooling process

variant: chargegewijs exponentieel koelproces
*exponential cooling process with fractional intake
of the product*

II geforceerd exponentieel koelproces (fig. 2)
 forced exponential cooling process

KOELPROCESSEN

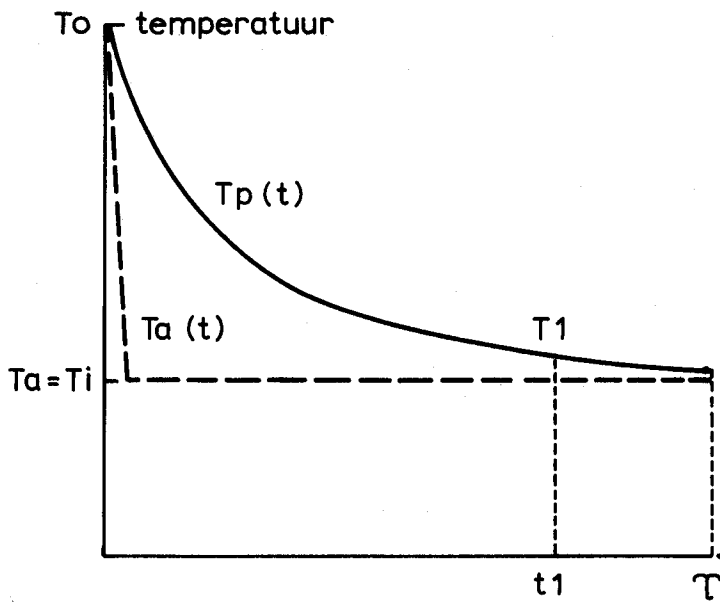


Fig. 1 exponentiël koelproces
exponential cooling process

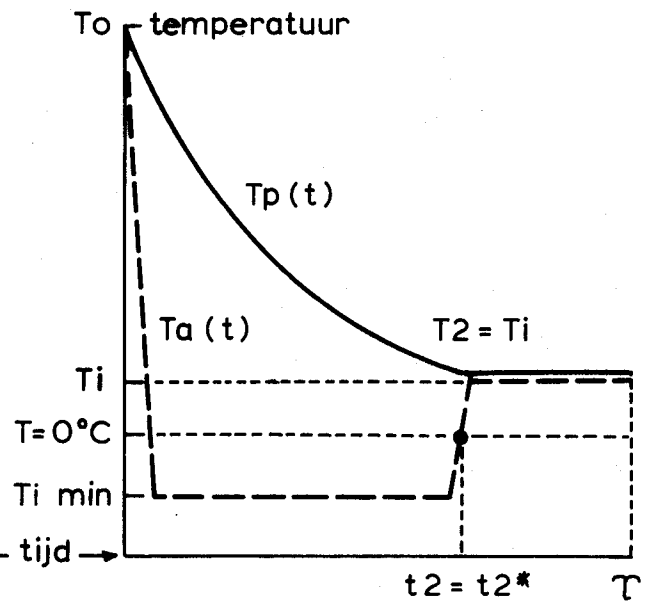


Fig. 2 geforceerd exponentiël
koelproces
forced exponential
cooling process

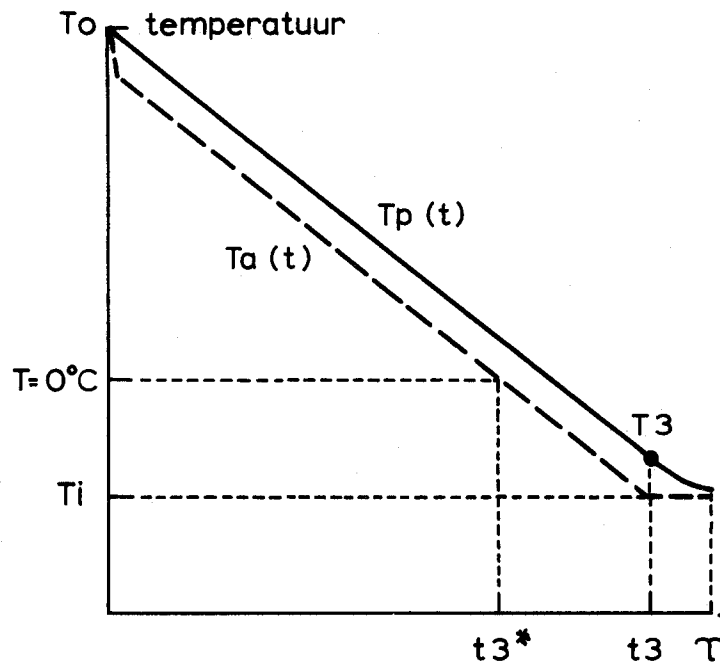


Fig. 3 lineair koelproces
linear cooling process

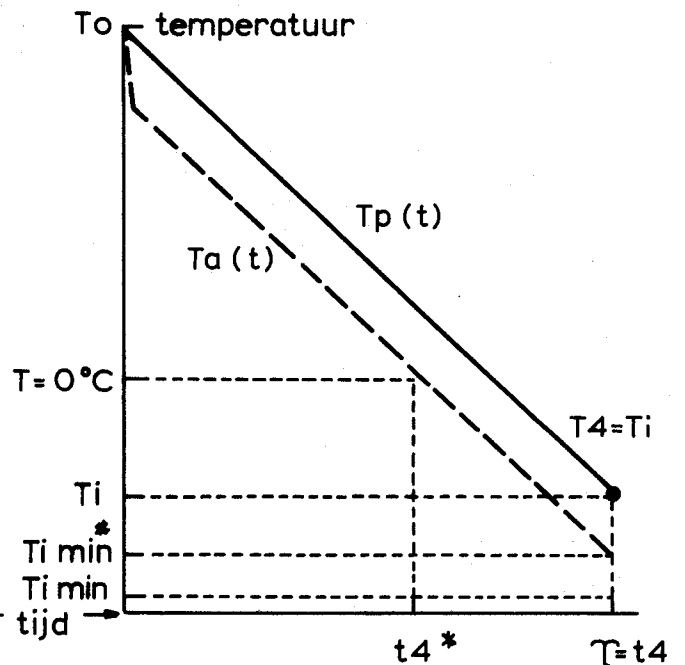


Fig. 4 geforceerd lineair koelproces
met berekende $T_{i \min}^*$
forced linear cooling process
with calculated $T_{i \min}^*$

I

Exponentieel koelproces

Exponential cooling process

- Produkttemperatuur : $T_p(t) = T_i + (T_o - T_i) e^{-k \cdot t}$ $[^{\circ}\text{C}]$
- Luchttemperatuur : $T_a(t) = T_i$ $[^{\circ}\text{C}]$
- Kenmerkend tijdstip: $t_1 = \ln(100/3) / k$ $[\text{h}]$

is het tijdstip waarop $T_p - T_i = 0,03 (T_o - T_i)$ en waarop het koelproces praktisch als beëindigd kan worden beschouwd.

The characteristic time t_1 is in this case the time where $T_p - T_i = 0,03 (T_o - T_i)$ and which in a real situation can be seen as the end of the cooling process.

- Tijdstip $T_k \uparrow 0^{\circ}\text{C}$: $t_1^* =$ tijdstip waarop de koeltemperatuur de 0°C grens passeert; voor dit koelproces niet aanwezig.
Daarom wordt $t_1^* = 0 \text{ h}$ gesteld.
- *Time at which the temperature of the heat exchanger passes below 0°C ; for this cooling process there is not such a time. Therefore t_1^* is set equal zero.*

II

Geforceerd exponentieel koelproces

Forced exponential cooling process

- Produkttemperatuur:
voor $t < t_2$: $T_p(t) = T_{i \min} + (T_o - T_{i \min}) e^{-k \cdot t}$ $[^{\circ}\text{C}]$
voor $t \geq t_2$: $T_p(t) = T_i$ $[^{\circ}\text{C}]$
- Luchttemperatuur:
voor $t < t_2$: $T_a(t) = T_{i \min}$ $[^{\circ}\text{C}]$
voor $t \geq t_2$: $T_a(t) = T_i$ $[^{\circ}\text{C}]$
- Kenmerkend tijdstip (zie fig. 2):
 $t_2 = \left\{ \frac{\ln(T_o - T_{i \min}) - \ln(T_i - T_{i \min})}{k} \right\}$ $[\text{h}]$

- Tijdstip $T_k \uparrow 0^\circ\text{C}$:
 $t_2^* = t_2$ als $T_i \text{ min} - \Delta T_k < 0^\circ\text{C}$
en $T_i - \Delta T_k \geq 0^\circ\text{C}$

Anders $t_2^* = 0$

[h]

III Lineair koelproces d.m.v. een gestuurde koelertemperatuur

Linear cooling process by means of a controlled (rather programmed) temperature of the heat exchanger

Het koelproces is niet over het gehele gebied ($0 \rightarrow T$) lineair, maar gaat in de laatste fase over in een exponentieel koelproces. Het tijdstip van de overgang is aangeduid met t_3 . De vertragingstijd waarmee hetzelfde exponentiële koelproces zou hebben moeten starten bij de begintemperatuur T_0 is aangeduid met τ_3 . Het zal duidelijk zijn dat τ_3 van de totale koeltijd T een redelijk deel moet uitmaken anders kan er nauwelijks sprake zijn van een lineair koelproces. Arbitrair wordt daarvoor de volgende grens gehanteerd:

Maak: $\tau_3 = T - (\ln 100/k)$

[h]

wanneer $\tau_3 < 0,3 T^{0,75}$ dan vervalt dit koelproces.

(zie tabel 1)

This cooling process is not linear over the whole range ($0 \rightarrow T$). In the end there is a change over to an exponential process.

This happens at time t_3 . The delay time for the same exponential process starting with temperature T_0 is indicated by τ_3 . It will be clear, that τ_3 must be a reasonable part of the total cooling time T otherwise there is no linear cooling process to speak of. Arbitrarily the following condition has been used:

Make: $\tau_3 = T - \ln (100/k)$

[h]

if $\tau_3 < 0,3 T^{0,75}$ this cooling process is not of interest anymore

(see table 1)

Table 1: Grenswaarde voor τ_3 in functie van de afkoeltijd

Limit for τ_3 as a function of the maximum allowed cooling time T.

T [h]	grenswaarde ($\tau_3 = 0,3 T^{0,75}$) [h]	%
1	0.300	30.000
2	0.504	25.226
3	0.683	22.795
4	0.848	21.213
5	1.003	20.062
6	1.150	19.168
7	1.291	18.443
8	1.427	17.838
9	1.558	17.320
10	1.687	16.870
15	2.286	15.243
20	2.837	14.186
25	3.354	13.416
30	3.845	12.818
35	4.316	12.334
40	4.771	11.929
50	5.640	11.281
60	6.467	10.779
70	7.260	10.371
80	8.024	10.031
90	8.766	9.740
100	9.486	9.486
120	10.876	9.064
140	12.210	8.721
160	13.496	8.435
180	14.742	8.190
200	15.954	7.977

Berekening van t_3 en T_3
(calculation of t_3 and T_3)

$$\begin{aligned} \text{Stel: } \theta &= (T - T_i) / (T_o - T_i) \\ \text{en } \theta_3 &= (T_3 - T_i) / (T_o - T_i) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{dus } \theta &= e^{-k(t - \tau_3)} \\ \text{en } \theta_3 &= e^{-k(t_3 - \tau_3)} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = -k \cdot e^{-k(t - \tau_3)}$$

$$\begin{aligned} \text{en } \theta_3 &= e^{-k(t_3 - \tau_3)} = 1 - k \cdot e^{-k(t_3 - \tau_3)} \cdot t_3 \\ \text{of } e^{-k(t_3 - \tau_3)} \cdot (1 + k \cdot t_3) - 1 &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

De vergelijking (3) wordt opgelost voor t_3 met behulp van een Newton - Raphson iteratie. De bijbehorende T_3 kan daarna worden berekend met de formules (1) en (2).

- Produkttemperatuur:
 voor $t < t_3$ $T_p(t) = T_o - \left(\frac{T_o - T_3}{t_3}\right) \cdot t \quad [^{\circ}\text{C}]$
 voor $t \geq t_3$ $T_p(t) = T_i + (T_o - T_i) e^{-k(t - \tau_3)} \quad [^{\circ}\text{C}]$
- Luchttemperatuur:
 voor $t < t_3$ $T_a(t) = T_p(t) - (T_3 - T_i) \quad [^{\circ}\text{C}]$
 voor $t \geq t_3$ $T_a(t) = T_i \quad [^{\circ}\text{C}]$
- Kenmerkend tijdstip:
 t_3 (zie onder "berekening") $[h]$
- Tijdstip $T_k \uparrow 0^{\circ}\text{C}$:
 Wanneer $T_i - \Delta T_k < 0^{\circ}\text{C}$ en $(T_o - T_3 + T_i - \Delta T_k) \geq 0^{\circ}\text{C}$
 dan is $t_3^* = \left(\frac{T_o - T_3 + T_i - \Delta T_k}{T_o - T_3}\right) \cdot t_3 \quad [h]$
 anders: $t_3^* = 0$

IV Geforceerd lineair koelproces d.m.v. een gestuurde koelertempe-
ratuur.

*Forced linear cooling process by means of a controlled temper-
ature of the heat exchanger.*

Het koelproces is zuiver lineair wanneer de opgegeven $T_{i \min}$ voldoende is om het koelproces in de gegeven koeltijd T te voltooien. Is de opgegeven $T_{i \min}$ ruim voldoende dan wordt een nieuwe $T_{i \min}^*$ berekend, die juist voldoende zou zijn geweest. Is de opgegeven $T_{i \min}$ daarentegen onvoldoende dan is het koelproces niet meer over het gehele gebied $(0 - T)$ lineair, maar gaat in de laatste fase op tijdstip t_4 over in een exponentieel koelproces. Ook in dit geval geldt evenals bij de lineaire koeling een grensvoorwaarde, die zeker stelt dat de vertragingstijd τ_4 , behorende bij het exponentiële koelproces, een redelijk deel uitmaakt van de totale koeltijd T .

*The cooling process is linear when the given $T_{i \min}$ is suffi-
cient to finish the process in the specified time T . If the
given $T_{i \min}$ is amply sufficient the program calculates a new
 $T_{i \min}^*$, which is just sufficient for the product temperature
to reach the specified temperature T_i in the time T with a
linear process. If the given $T_{i \min}$ is on the other hand insuf-
ficient the cooling process cannot be linear over the whole
range $(0 - T)$. In that case there is a change over in the end
at time t_4 to an exponential process. The delay time of the
exponential process is indicated, as in the case of the linear
process, by τ_4 .*

*As before there is also a condition specified which ensures
that τ_4 is a reasonable part of the total cooling time T .*

Berekening van t_4 , T_4 en $T_{i \min^*}$
(Calculation of t_4 , T_4 and $T_{i \min^}$)*

Stel: $T_{i \min^*} = T_{i \min}$

Maak: $\tau_4 = T - \left[\ln \left\{ \frac{(T_o - T_{i \min^*})}{(T_i - T_{i \min^*})} \right\} \right] / k \quad [h]$

Als $\tau_4 < 0,3 T^{0,75}$ dan vervalt dit koelproces;
in this case this cooling process is not of interest anymore.

τ_4 volgt uit de vergelijking:

$$e^{-k(t_4 - \tau_4)} \cdot (1 + k \cdot \tau_4) - 1 = 0 \quad (4)$$

(vergelijk het proces onder lineaire koeling;
compare the procedure under linear cooling)

Vergelijking (4) wordt opgelost met behulp van een Newton-Raphson iteratie methode.

$(t_4 - T) \leq 1E - 8$ dan is de berekening klaar →
 $(t_4 - T) > 1E - 8$ dan herberekening van $T_{i \min^*}$ met:

$$T_{i \min^*} = \frac{T_i - T_o e^{-k(t_4 - \tau_4)}}{1 - e^{-k(t_4 - \tau_4)}} \rightarrow$$

→ De hierboven beschreven procedure geeft waarden voor $T_{i \min^*}$; t_4 en τ_4 .

$$\text{Maak: } T_4 = T_{i \min^*} + (T_o - T_{i \min^*}) e^{-k(t_4 - \tau_4)} \quad (5)$$

In het geval $t_4 = T$ wordt $T_4 = T_i$

The calculation procedure just described gives values for $T_{i \min^}$, t_4 and τ_4 . T_4 follows with equation (5).
 If $t_4 = T$ then T_4 equals T_i .*

- Produkttemperatuur:

$$\text{voor } t < t_4 \quad T_p(t) = T_o - \left(\frac{T_o - T_4}{t_4} \right) \cdot t \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\text{voor } t_4 \leq t \leq T \quad T_p(t) = T_{i \min}^* + (T_o - T_{i \min}^*) e^{-k(t-t_4)} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\text{voor } t > T \quad T_p(t) = T_i$$

- Luchttemperatuur:

$$\text{voor } t < t_4 \quad T_a(t) = T_p(t) - (T_4 - T_{i \min}^*) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\text{voor } t_4 \leq t \leq T \quad T_a(t) = T_{i \min}^* \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\text{voor } t > T \quad T_a(t) = T_i \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- Kenmerkend tijdstip:

$$t_4 \quad (\text{zie onder "berekening"}) \quad [\text{h}]$$

- Tijdstip $T_k \uparrow 0^{\circ}\text{C}$:

$$\text{wanneer} \quad T_{i \min}^* - \Delta T_k < 0^{\circ}\text{C} \text{ en}$$

$$T_o - T_4 + T_{i \min}^* - \Delta T_k \geq 0^{\circ}\text{C}$$

$$\text{dan is } t_4^* = \left(\frac{T_o - T_4 + T_{i \min}^* - \Delta T_k}{T_o - T_4} \right) \cdot t_4 \quad [\text{h}]$$

$$\text{anders } t_4^* = 0$$

4. SUBROUTINES VOOR DE WARMTE- EN VOCHTINHOUD VAN DE CIRCULATIE- EN VENTILATIELUCHT

SUBROUTINES FOR THE HEAT AND MOISTURE CONTENT OF THE CIRCULATION AND VENTILATION AIR

4.1. Verzadigingsdampdruk

Vapour pressure at saturation point

$$\text{Input: temperatuur } T \quad [^{\circ}\text{C}] \quad \cdot \quad \text{Output: } P_s(T) \quad [\text{Pa}]$$

$$\text{voor } T \geq 0^{\circ}\text{C}: P_s(T) = 10^{2,7857 + \frac{7,5 T}{237,3 + T}}$$

$$\text{voor } T < 0^{\circ}\text{C}: P_s(T) = 10^{2,7857 + \frac{9,5 T}{265,5 + T}}$$

4.2. Massa van de damp in een volume-eenheid

Mass of vapour in a unit volume

Input: dampdruk P_v [Pa] Output: $M_v (T, P_v)$ [kg/m³]
 temperatuur T [°C]

$$M_v (T, P_v) = \frac{P_v}{(T + 273,15) \cdot 461,5}$$

4.3 Massa van de droge lucht in een volume-eenheid

Mass of dry air in a unit volume

Input: dampdruk P_v [Pa] Output: $M_a (T, P_v)$ [kg/m³]
 temperatuur T [°C]

$$M_a (T, P_v) = \frac{(101325 - P_v)}{(T + 273,15) \cdot 287,1}$$

4.4. Enthalpie van droge lucht, damp, condenswater en ijs

Enthalpy per unit mass of dry air, vapour, water and ice

Input: temperatuur T [°C]

Output: lucht (air) $A (T) = 1,006 T$ [kJ/kg]
 damp (vapour) $V (T) = 1,86 T + 2500$ [kJ/kg]
 water (water) $W (T) = 4,19 T$ [kJ/kg]
 ijs (ice) $I (T) = 2,11 T - 334$ [kJ/kg]

4.5. Verhoudingsfactor: $f = \text{volumestroom ventilatie uit} / \text{volumestroom ventilatie in}$

Ratio: $f = \text{ventilation volume flow out} / \text{ventilation volume flow in}$

De reden om deze factor te gebruiken in berekeningen is, dat de volumestroom van de ventilatielucht die naar binnen wordt gezogen verschilt van die, die de cel verlaat. De binnenkomende lucht heeft de temperatuur en vochtinhoud van de buitenlucht. De uitgaande lucht heeft de temperatuur en vochtinhoud van het celklimaat en meer in het bijzonder die van de retourlucht naar de warmtewisselaar. Het uitgangspunt voor het vaststellen van de factor is:

$$\frac{\text{massa droge lucht in ventilatiestroom in}}{\text{massa droge lucht in ventilatiestroom uit.}}$$

The reason for use of this ratio is that the volume flow in has outdoor conditions and the volume flow out has room conditions. More specific the conditions of the air returning to the heat exchanger. The ratio f is based upon:

$$\frac{\text{mass of dry air in ventilation volume flow in}}{\text{mass of dry air in ventilation volume flow out.}}$$

<u>Input:</u>	temperatuur van de ventilatielucht uit: Ta	$\begin{bmatrix} ^\circ\text{C} \end{bmatrix}$
	temperatuur van de ventilatielucht in : Te	$\begin{bmatrix} ^\circ\text{C} \end{bmatrix}$
	dampdruk : Pv	$\begin{bmatrix} \text{Pa} \end{bmatrix}$
	dampdruk van de ventilatielucht in : Pv(Te)	$\begin{bmatrix} \text{Pa} \end{bmatrix}$

$$\text{Output: } f\left(\frac{T_a}{T_e} \middle| \frac{P_v(T_e)}{P_v}\right) = \frac{(T_a+273,15)}{(T_e+273,15)} \cdot \frac{(101325-P_v(T_e))}{(101325 - P_v)}$$

4.6. Dampdrukken tijdens koelen of stoken (zie figuur 5)

*Vapour pressures in the room during cooling or heating
(see figure 5)*

Input: _vaste_parameters:

	ventilatie Ivc	$\begin{bmatrix} \text{m}^3/\text{h} \end{bmatrix}$
buitenklimaat	{temperatuur Te1	$\begin{bmatrix} ^\circ\text{C} \end{bmatrix}$
	{dampdruk Pv (Te1)	$\begin{bmatrix} \text{Pa} \end{bmatrix}$

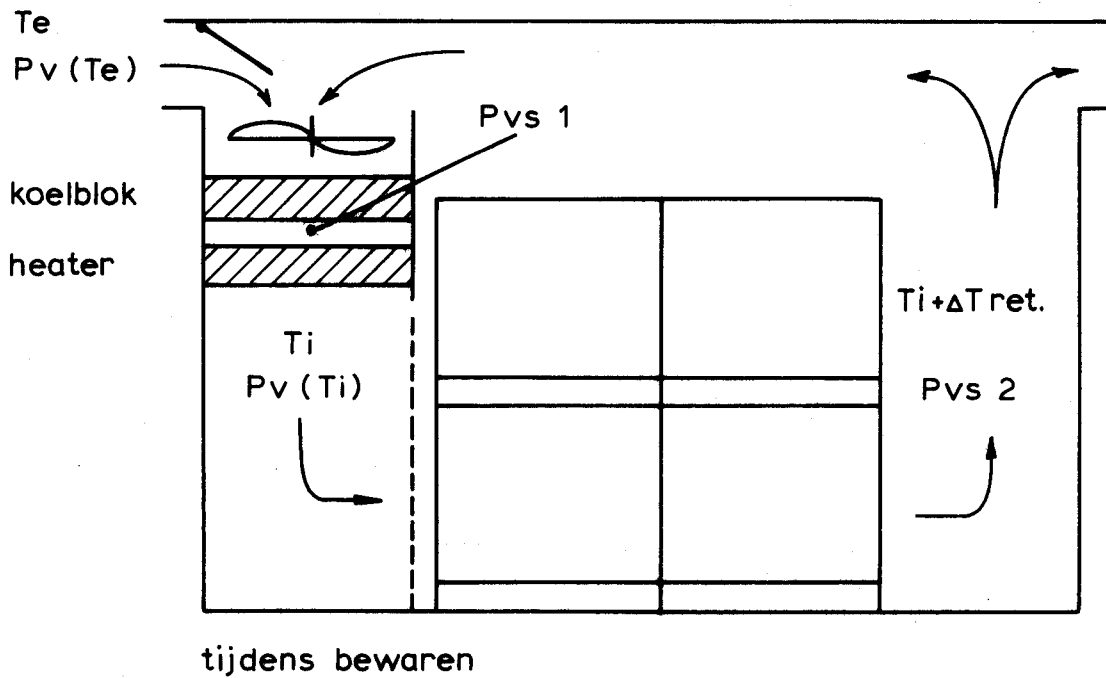
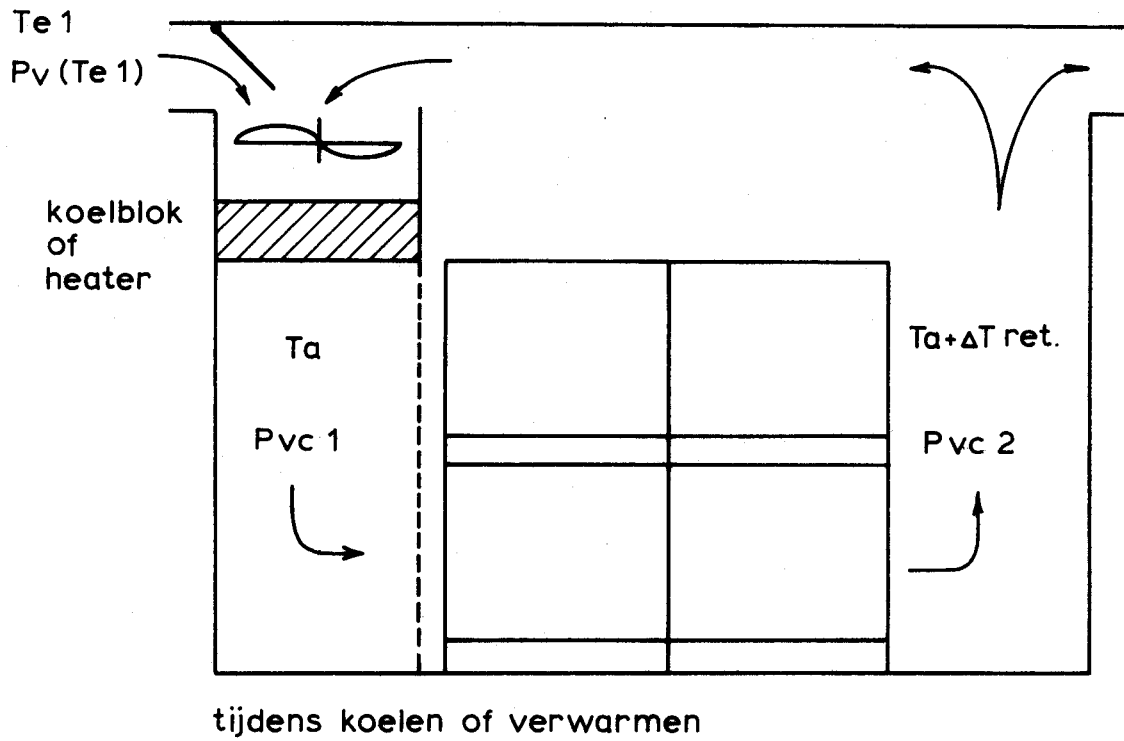


Fig. 5 principe schetsen van de luchtcirculatie bij de subroutines 4.6 en 4.7

drawings of the aircirculation for subroutines 4.6 and 4.7

warmtewisselaar	$\left\{ \begin{array}{l} \text{verschiltemperatuur } \Delta T_k \\ \text{type} \end{array} \right.$	α_c	$[^{\circ}\text{C}]$
aantal charges		N	
massa van het produkt		m_p	$[\text{ton}]$
vochtafgiftetefficiënt		\dot{m}	$\left[\frac{\text{kg water}}{\text{kg produkt} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}} \right]$
circulatie ¹⁾		I_{cc}	$[\text{m}^3/\text{h}]$

Input: variabelen:

produkttemperatuur	T_p	$[^{\circ}\text{C}]$
of gemiddelde produkttemperatuur in het geval van meerdere charges		
luchttemperatuur	T_a	$[^{\circ}\text{C}]$
rangordegetal vor charges	l	

Output:

dampdruk na warmtewisselaar	$P_{vc1}(T_p, T_a, l)$	$[\text{Pa}]$
dampdruk retourlucht	$P_{vc2}(T_p, T_a, l)$	$[\text{Pa}]$
dampinhoud circulatie luchtstroom per eenheid van dampdruk	$F(T_a)$	$[\text{kg damp}/\text{Pa} \cdot \text{h}]$

¹⁾ Deze parameter neemt een bijzondere positie in. De circulatie wordt in eerste instantie opgegeven doch kan naderhand worden aangepast b.v. wanneer uit een controle van de warmtehuishouding blijkt dat de circulatie tekort schiet om de vrijkomende warmte te vervoeren van de lading naar de warmtewisselaar. Er volgt dan een herberekening van bijna alle bijdragen in de warmtehuishouding met de opnieuw opgegeven circulatie.

This parameter has a special position. As a start the circulation volume flow is one of the input data. Afterwards the value can be changed if from a check on "ΔT retour" it becomes evident that the circulation fails to transport the heat from the room with the product to the cooler or in the case of heating from the heater to the room. If a change is made there follows a recalculation of almost all the elements of the heat balance.

Start subroutine

Maak: $T_k = T_a - \Delta T_k$

$[^{\circ}C]$

$\begin{matrix} P_s (T_k) \\ P_s (T_p) \end{matrix} \} \text{ met subroutine 4.1.}$

$\begin{bmatrix} Pa \\ Pa \end{bmatrix}$

$a = \frac{I_{cc}}{3600 \cdot (273,15 + T_a) \cdot 461,5}$

$\left[\frac{kg \text{ damp}}{Pa \cdot s} \right]$

$b = \frac{I_{vc}}{3600 \cdot (273,15 + T_{e1}) \cdot 461,5}$

$\left[\frac{kg \text{ damp}}{Pa \cdot s} \right]$

$c = \frac{1000 \cdot m_p \cdot \dot{m} \cdot l}{N}$

$\left[\frac{kg \text{ damp}}{Pa \cdot s} \right]$

$$D = \left[\left[\left[\text{abs} \left[\text{Sgn} \left\{ \text{Sgn} (P_v(T_{e1}) - P_s(T_k)) - 1 \right\} \right] \right] \cdot \right. \right. \\ \left. \left[\text{abs} \left\{ \text{Sgn} (\alpha_c + 1) - 1 \right\} \right] + \left[\text{Sgn} (\alpha_c - 1) + 1 \right] \right] \cdot \\ \left. (P_v(T_{e1}) - P_s(T_k)) + P_s(T_k) \right] \quad [Pa]$$

$\alpha_c = 0 \longrightarrow \text{ingang B}$

$\alpha_c \neq 0 \longrightarrow \text{ingang A}$

\longrightarrow Ingang A:

Maak: $E = (P_s(T_p) - D)$

$[Pa]$

$f = \{ \text{Sgn} (\text{Sgn} (E) + 1) \cdot (c - a) + a \}$

$\left[\frac{kg \text{ damp}}{Pa \cdot s} \right]$

$P1 = \frac{f \cdot (a - b) P_s(T_p) + a \cdot b \cdot D}{f \cdot (a - b) + a \cdot b}$

$[Pa]$

$P2 = \frac{a \cdot P1 - b \cdot D}{(a - b)}$

$[Pa]$

Voor $\alpha_c = +1$:

$$P_{vc1}(T_p, T_a, 1) = P_1$$

$$P_{vc2}(T_p, T_a, 1) = P_2$$

$$\text{als } P_{vc2} \geq P_s(T_p)$$

$$\text{dan } P_{vc2} = P_s(T_p)$$

$$F(T_a) = 3600 \cdot a \longrightarrow \text{uitgang}$$

Voor $\alpha_c = -1$ en $P_2 \geq P_s(T_k) \longrightarrow \text{ingang B}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Anders: } P_{vc1} = P_1 \\ P_{vc2} = P_2 \\ F(T_a) = 3600 \cdot a \end{array} \right\} \longrightarrow \text{uitgang}$$

\longrightarrow Ingang B:

$$\text{Maak: } P_1' = \frac{(a-b) P_s(T_k) + b \cdot D}{a} \quad [\text{Pa}]$$

$$f = \left[\left[\text{Sgn}\{\text{Sgn}(P_s(T_p) - P_1') + 1\} \right] \cdot (c-a) + a \right] \left[\frac{\text{kg damp}}{\text{Pa.s}} \right]$$

$$P_2' = P_1' + \frac{f}{a} (P_s(T_p) - P_1') \quad [\text{Pa}]$$

$$P_{vc1} = P_1'$$

$$P_{vc2} = P_2'$$

$$\text{als } P_{vc2} \geq P_s(T_p)$$

$$\text{dan } P_{vc2} = P_s(T_p)$$

$$\text{als } P_{vc2} \geq P_s(T_a + (T_o - T_i) / 3)$$

$$\text{dan } P_{vc2} = P_s(T_a + (T_o - T_i) / 3);$$

arbitrair gekozen begrenzing.

$$F(T_a) = 3600 \cdot a \longrightarrow \text{uitgang}$$

4.7. Dampdrukken tijdens bewaring (zie figuur 5)

Vapour pressures in the room during storage (see figure 5)

Input: vaste parameters:

celtemperatuur	T_i	$[^{\circ}\text{C}]$
warmtewisselaar {	verschiltemperatuur ΔT_{ks}	$[^{\circ}\text{C}]$
	type α_s	
massa van het produkt	m_p	$[\text{ton}]$
vochtafgiftecoëfficiënt	\dot{m}	$\left[\frac{\text{kg damp}}{\text{kg produkt} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}} \right]$
circulatie ¹⁾		$[\text{m}^3/\text{h}]$

Input: variabelen:

dampdruk lucht	$P_v(T_i)$	$[\text{Pa}]$
buitenklimaat {	dampdruk $P_v(T_e)$	$[\text{Pa}]$
	temperatuur T_e	$[^{\circ}\text{C}]$
ventilatie	I_{vs}	$[\text{m}^3/\text{h}]$

Output:

dampdruk na koeler en voor heater of bevochtiger:	$P_{vs1}(P_v(T_i); P_v(T_e); T_e; I_{vs})$	$[\text{Pa}]$
dampdruk retourlucht :	$P_{vs2}(P_v(T_i); P_v(T_e); T_e; I_{vs})$	$[\text{Pa}]$

Start subroutine:

Maak: $T_{ks} = T_i - \Delta T_{ks}$	$[^{\circ}\text{C}]$
$\begin{matrix} P_s(T_{ks}) \\ P_s(T_i) \end{matrix} \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} P_s(T_{ks}) \\ P_s(T_i) \end{matrix}} \right\} \text{ met subroutine 4.1.}$	$[\text{Pa}]$

¹⁾

Zie voetnoot bij subroutine 4.6. bldz. 32.

$$a = \frac{I_{cs}}{3600 \cdot (273,15 + T_i) \cdot 461,5} \quad \left[\frac{\text{kg damp}}{\text{Pa.s}} \right]$$

$$b = \frac{I_{vs}}{3600 \cdot (273,15 + T_e) \cdot 461,5} \quad \left[\frac{\text{kg damp}}{\text{Pa.s}} \right]$$

$$c = 1000 \, m_p \cdot \dot{m} \quad \left[\frac{\text{kg damp}}{\text{Pa.s}} \right]$$

$$D = \left[\left[\left[\text{abs} \left[\text{Sgn} \left\{ \text{Sgn} (P_v(T_e) - P_s(T_{ks})) - 1 \right\} \right] \right] \cdot \right. \right. \\ \left. \left[\text{abs} \left\{ \text{Sgn} (\alpha_s + 1) - 1 \right\} \right] + \left[\text{Sgn} (\alpha_s - 1) + 1 \right] \right] \cdot \\ \left. (P_v(T_e) - P_s(T_{ks})) + P_s(T_{ks}) \right] \quad [\text{Pa}]$$

$$E = (P_s(T_i) - P_v(T_i))$$

$$f = \{ \text{Sgn} (\text{Sgn} (E) + 1) \cdot (c - a) + a \} \quad \left[\frac{\text{kg damp}}{\text{Pa.s}} \right]$$

$$P_2 = P_v(T_i) + \frac{f}{a} (P_s(T_i) - P_v(T_i))$$

$$\text{als } P_2 \geq P_s(T_i + 2 \, ^\circ\text{C})$$

$$\text{dan } P_2 = P_s(T_i + 2 \, ^\circ\text{C});$$

arbitrair gekozen begrenzing.

$$P = \left[\left[\left[\text{abs} \left[\text{Sgn} \left\{ \text{Sgn} (P_2 - P_s(T_{ks})) - 1 \right\} \right] \right] \right] \cdot \right. \\ \left. \left[\text{abs} \left\{ \text{Sgn} (\alpha_s + 1) - 1 \right\} \right] + \left[\text{Sgn} (\alpha_s - 1) + 1 \right] \right] \cdot \\ \left. (P_2 - P_s(T_{ks})) + P_s(T_{ks}) \right] \quad [\text{Pa}]$$

$$P_1 = \frac{(a - b) P + b \cdot D}{a} \quad [\text{Pa}]$$

$$P_{vs1} = P_1 \longrightarrow \text{uitgang}$$

$$P_{vs2} = P_2$$

4.8. Dampdrukberekening in de bewaarsituatie; hulpmiddel voor de besluitvorming over bevochtigen of drogen

Calculation of vapour pressure in the storage situation; aid for the decision about moistening or drying of the circulating air in the case of a prescribed relative humidity.

Input: vaste parameters:

celtemperatuur	T_i	$[^{\circ}\text{C}]$
warmtewisselaar	verschiltemperatuur ΔT_k	$[^{\circ}\text{C}]$
	type α_s	
massa van het produkt	m_p	$[\text{ton}]$
vochtafgiftecoëfficiënt	\dot{m}	$\left[\frac{\text{kg water}}{\text{kg produkt} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}} \right]$
circulatie ¹⁾	I_{cs}	

Input: variabelen:

buitenklimaat	dampdruk	$P_v (T_e)$	$[\text{Pa}]$
	temperatuur	T_e	$[^{\circ}\text{C}]$
ventilatie		I_{vs}	$[\text{m}^3/\text{h}]$

Output:

dampdruk na koeler: $P_{vs}^*1 (P_v (T_e) ; T_e ; I_{vs})$ $[\text{Pa}]$

Start subroutine:

Maak: $T_k = T_i - \Delta T_k$ $[^{\circ}\text{C}]$

$\begin{matrix} P_s (T_k) \\ P_s (T_i) \end{matrix} \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} P_s (T_k) \\ P_s (T_i) \end{matrix}} \right\} \text{ met subroutine 4.1.}$ $[\text{Pa}]$

¹⁾

Zie voetnoot bij subroutine 4.6. bldz. 32.

$$a = \frac{I_{cs}}{3600 \cdot (273,15 + T_i) \cdot 461,5} \quad \left[\frac{\text{kg damp}}{\text{Pa.s}} \right]$$

$$b = \frac{I_{vs}}{3600 \cdot (273,15 + T_e) \cdot 461,5} \quad \left[\frac{\text{kg damp}}{\text{Pa.s}} \right]$$

$$c = 1000 \, m_p \cdot \dot{m} \quad \left[\frac{\text{kg damp}}{\text{Pa.s}} \right]$$

$$D = \left[\left[\left[\text{abs} \left[\text{Sgn} \left\{ \text{Sgn} (P_v(T_e) - P_s(T_k)) - 1 \right\} \right] \right] \cdot \right. \right. \\ \left. \left. \left[\text{abs} \left\{ \text{Sgn} (\alpha_s + 1) - 1 \right\} \right] + \left[\text{Sgn} (\alpha_s - 1) + 1 \right] \right] \right] \cdot \\ (P_v(T_e) - P_s(T_k)) + P_s(T_k) \right] \quad [\text{Pa}]$$

$$\alpha_s = 0 \longrightarrow \text{ingang B}$$

$$\alpha_s \neq 0 \longrightarrow \text{ingang A}$$

→ Ingang A:

Maak: $E = (P_s(T_i) - D)$

$$f = \{ \text{Sgn} (\text{Sgn} (E) + 1) \cdot (c - a) + a \} \quad \left[\frac{\text{kg damp}}{\text{Pa.s}} \right]$$

$$P_1 = \frac{f(a - b) P_s(T_i) + a \cdot b \cdot D}{f(a - b) + a \cdot b} \quad [\text{Pa}]$$

Voor $\alpha_s = +1$ $P_{vs*1} = P_1 \longrightarrow \text{uitgang}$

Voor $\alpha_s = -1$ maak $P_2 = \frac{a \cdot P_1 - b \cdot D}{a - b} \quad [\text{Pa}]$

als $P_2 \geq P_s(T_k)$ dan → ingang B

anders $P_{vs*1} = P_1 \longrightarrow \text{uitgang}$

→ Ingang B:

Maak: $P_1' = \frac{(a - b) P_s(T_k) + b \cdot D}{a} \quad [\text{Pa}]$

$P_{vs*1} = P_1' \longrightarrow \text{uitgang}$

5. STUURMATRIX VOOR DE BEREKENINGEN EN VOOR HET UITVOEREN VAN DE RESULTATEN

MATRIX TO CONTROL THE CALCULATIONS AND THE OUTPUT

De rekenmachine voert de berekening uit aan de hand van een stuurmatrix S_{ij} , die ook dient om de uitvoer van de resultaten te regelen.

De elementen $S_{ij} = 1$ worden overgeslagen; de elementen $S_{ij} = 0$ worden in de berekening meegenomen.

Het aantal rijen van de matrix $i = 1$ t/m 32

Het aantal kolommen van de matrix $j = 1$ t/m 12

The computer performs the calculation on the basis of a control matrix S_{ij} . The elements S_{ij} are labels of different parts of the calculation.

The elements S_{ij} with value 1 are omitted; the elements S_{ij} with value 0 are carried out.

The number of rows of the matrix $i = 1 - 32$

The number of columns of the matrix $j = 1 - 12$

Betekenis kolommen j

(hoofdstuk)

Meaning of the columns j

(chapter)

j =	1	capaciteit	} exponentieel koelproces of verwarmings- proces; <i>exponential cooling or heating.</i>	(3, I)
	2	energie		
	3	capaciteit	} geforceerd exponentieel koelproces; <i>forced exponential cooling.</i>	(3, II)
	4	energie		
	5	capaciteit	} exponentieel koelproces, chargegewijze belading van de cel; <i>exponential cooling with fractional intake of the load in the cold room.</i>	
	6	energie		
	7	capaciteit	} lineair koelproces; <i>linear cooling.</i>	(3, III)
	8	energie		
	9	capaciteit	} geforceerd lineair koelproces; <i>forced linear cooling.</i>	(3, IV)
	10	energie		
	11	capaciteit	} bewaarproces; <i>storage.</i>	
	12	energie		

Betekenis rijen i

Meaning of the rows i

	<u>warmtebehoefte</u>	<u>heat balance</u>
i =	1 koude behoefte	<i>cooling requirement</i>
	2 geadviseerde netto koelcapaciteit	<i>advised nett capacity</i>
	3 volumieke koudebehoefte	<i>cooling requirement per m³</i>
	4 veldwarmte produkt	<i>field heat of the product</i>
	5 veldwarmte verpakking	<i>field heat containers</i>
	6 warmteproduktie	<i>heat production</i>
	7 instraling	<i>heat flow through the walls</i>
	8 ventilatorwarmte	<i>heat from fans</i>
	9 verlichting e.d.	<i>heat sources other then fans or auxiliary fans</i>
	10 vochtafgifte	<i>moisture transfer from product to circulating air</i>
	11 verwarming, verbonden	<i>heating or cooling in connection with drying</i>
	12 koeling met drogen	
	13 bevochtiging	<i>moisture transfer from a humidifier to the circulating air</i>
	14 ventilatie in	<i>ventilation; intake</i>
	15 ventilatie uit	<i>ventilation; exhaust</i>
	16 koeling cellucht	<i>cooling of the air content of the room after each intake</i>
	17 condensatie	<i>condensation</i>
	18 ijsvorming	<i>icing</i>
	<u>vochtbalans</u>	<u>moisture balance</u>
	19 vochtafgifte	<i>moisture loss</i>
	20 bevochtiging	<i>moisture output of a humidifier</i>
	21 vochtaanvoer via ventilatie	<i>moisture intake through ventilation</i>
	22 vochtopname cellucht	<i>moisture uptake of the room</i>
	23 condens	<i>condens</i>
	24 ijs	<i>ice</i>

verbruik van elektriciteit	<i>consumption of electricity</i>
25 ventilatoren	<i>fans</i>
26 verlichting	<i>lightening etc.</i>
27 bevochtiging	<i>humidifier</i>
28 verwarming droger	<i>drier heater</i>
29 ontdooien	<i>thawing of the cooler</i>
controle op de warmtebalans	<i>check on the heat balance</i>
30 ΔT retour	<i>temperature difference between outgoing and incoming air flow through the heat exchanger</i>
31 definitief gebruikte circulatie	<i>final circulation volume flow</i>
32 aantal draaiuren per dag van de circulatie ventilator in de bewaarsituatie	<i>working hours in a day for the circulation fans in the storage situation</i>

In de output komt extra nog een "pro memorie" post voor en wel op de plaats 24(a); "elektrisch energiegebruik van de koelmachine". Een koelmachine wordt gebruikt niet alleen in een koelsituatie maar ook in het geval er een gestookte bewaring plaatsvindt met verlaagde relatieve vochtigheid. De koeler heeft in dat geval de droogfunctie. Het verbruik van elektriciteit door compressormotoren is niet berekend omdat daarvoor nog een omrekening moet plaatsvinden van koelenergie naar elektrische energie. De omrekeningsfactor, die daarbij past, is sterk afhankelijk van de werktemperaturen van de koelinstallatie. Om die reden is de post als een pro memorie post opgenomen.

De startpositie van de matrix aan het begin van het programma wordt als volgt verkregen:

The starting position of the matrix is obtained with:

- $S_{ij} = 0$ $i = 1 \text{ t/m } 32; \quad j = 1 \text{ t/m } 12$
- $S_{ij} = 1$ $i = 11, 12, 13, \quad j = 1 \text{ t/m } 10$
 $20, 27, 28;$

- $S_{ij} = 1$ $i = 4, 5, 16, 22;$ $j = 11 \text{ en } 12$
- $S_{ij} = 1$ $i = 16 \text{ en } 19 \text{ t/m } 32;$ $j = 1, 3, 5, 7, 9, 11$
- $S_{ij} = 0$ $i = 30 \text{ en } 31;$ $j = 11$
- $S_{ij} = 1$ $i = 2 \text{ en } 32;$ $j = 2, 4, 6, 8, 10$
- $S_{ij} = 1$ $i = 2;$ $j = 12$

6. PROCEDURES TIJDENS DE INVOER VAN GEGEVENS

DATA INPUT

Om fouten en tegenstrijdige gegevens te vermijden geschiedt de invoer volgens geprogrammeerde instructie. De daarbij behorende procedures betreffen dan ook in hoofdzaak een serie controles en een sturing van het opvragen van de gegevens zodanig, dat alleen de relevante gegevens worden gevraagd en het vragen om overbodige en mogelijk strijdige gegevens wordt vermeden. Een overzicht van de belangrijkste handelingen wordt gegeven aan de hand van het invoerformulier (bijlage 1).

In order to avoid faults and conflicting data the input takes place according to programmed instruction. This chapter gives a survey of controls and procedures carried out during the input. The sequence of the description corresponds with the sequence on the input form (appendix 1).

Start input

- 0 • Titel: De koudebehoefte van een "koelcel".
Het titeldeel tussen aanhalingstekens wordt gebracht naar een geheugen en kan tijdens de input aan wijzigingen onderhevig zijn.
- $\alpha_c = \alpha_c = +2$ Deze voorbereiding is nodig om op ieder moment tijdens de geprogrammeerde input te kunnen vaststellen of de warmtewisselaar reeds in een voorgaand stadium is gedefinieerd.
 - $\Delta T_k = \Delta T_{ks} = 0$

- $N = 0$ Idem m.b.t. voorzieningen voor de bewaking van de relatieve vochtigheid in de opslagsituatie voor het geval achteraf als gevolg van het invullen van de koelgegevens het type van de koeler wordt gewijzigd.

- | | | | |
|----|-----------------|---------------------|-------------------------|
| 1. | Naam aanvrager; | <i>User's name</i> |
→ geheugen (memory) |
| 2. | Datum; | <i>Date</i> | |
| 3. | Commentaar; | <i>Comments</i> | |
| 4. | Naam produkt; | <i>Name product</i> | |
| 5. | File | → 7 | |
| | Eigen opgave | → 6 | |

In het eerste geval worden met behulp van opgave 4 de thermofysische produktgegevens onder 6 ontleend aan een produktfile genaamd "KOCAPROD" (zie voorbeeld bijlage 2).

Thermophysical product data as mentioned by input 6 can be collected from a file named "KOCAPROD" (see example in appendix 2). The file has to be entered with the name of the product (input 4).

6. Warmteproductieconstanten; A [kW/ton] en B [K]
voor de warmteproductiefunctie
(heat production function);
$$Q(T_p) = A e^{-B/(273,15 + T_p)}$$
[kW/ton]
- Vochtafgiftecoëfficiënt ; \dot{m} [kg water/kg produkt·Pa.s]
- Soortelijke warmte ; c_p [kJ/kg·K]
7. Hoeveelheid produkt ; m_p [ton]
Mass of the product ;

Dit is de totale hoeveelheid produkt, ook in het geval van chargegewijze belading van de cel.
This means the total amount of product, even with fractional intake of the product.

8. Verpakking (Containers)

Materiaal	karton <i>cardboard</i>	hout <i>wood</i>	kunststoffen <i>plastics etc.</i>
Soortelijke warmte: c_e <i>Specific heat capacity</i>	1,67	2,72	2,09 [kJ/kg K]
Hoeveelheid verpakking <i>(mass of the packing material)</i>	$m_e 1$	$m_e 2$	$m_e 3$ [ton]

Totale massa van de emballage : $Me = \sum 1000 m_e$ [kg]

Warmtecapaciteit (*heat capacity*): $Ce = \sum 1000 m_e \cdot c_e$ [kJ/K]

9. Regio cel.

10. Start in de maand (1 t/m 12).

11. Aantal maanden (opslag); 0 of opgave ontbreekt = 1.

De drie opgaven wijzen op gebruik van de klimaatfile, genaamd "KOCACLIM" (zie bijlage 3).

Een eigen opgave van het buitenklimaat geschiedt via 9.8.

Vanaf dit punt gaat het programma automatisch naar 12.

De handelingen van het programma bij gebruik van de file leiden tot het volgende resultaat:

The inputs 9, 10, 11 indicate the use of a file for outdoor conditions, named "KOCACLIM" (see appendix 3).

If conditions of the user's own choice have to be inserted then take 9.8. The program automatically shifts from there to 12. The actions of the computer program with use of the file give the following results:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Eerste maand;} \\ \text{First month} \end{array} \right\} \begin{array}{l} Te1 \\ rh \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} Te1 \\ Pv (Te1) = \frac{rh}{100} Ps (Te1) \end{array} \quad \begin{array}{l} [^{\circ}C] \\ [Pa] \end{array}$$

$Ps (Te1)$ via subroutine 4.1.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Maximum in de} \\ \text{opgegeven pe-} \\ \text{riode;} \end{array} \right\} \begin{array}{l} T_e \text{ Max} \\ rh \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \hat{T}_e \\ P_v(\hat{T}_e) = \frac{rh}{100} P_s(T_e \text{ max}) \end{array} \quad \begin{array}{l} [^{\circ}\text{C}] \\ [\text{Pa}] \end{array}$$

*Max. temp. in
the indicated
storage period*

$$\left. \begin{array}{l} \text{Gemiddelde in} \\ \text{de opgegeven} \\ \text{periode;} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \overline{T}_e \\ rh \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \overline{T}_e \\ P_v(\overline{T}_e) = \frac{rh}{100} P_s(\overline{T}_e) \end{array} \quad \begin{array}{l} [^{\circ}\text{C}] \\ [\text{Pa}] \end{array}$$

*Mean temp. in
the indicated
storage period*

$$\left. \begin{array}{l} \text{Minimum in de} \\ \text{opgegeven pe-} \\ \text{riode;} \end{array} \right\} \begin{array}{l} T_e \text{ min} \\ rh \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} T_e \text{ min} \\ P_v(T_e \text{ min}) = \frac{rh}{100} P_s(T_e \text{ min}) \end{array} \quad \begin{array}{l} [^{\circ}\text{C}] \\ [\text{Pa}] \end{array}$$

*Min. temp. in
the indicated
storage period*

Bij eigen opgave volgens 9.8 geldt: $T_e \text{ max} = \overline{T}_e = T_e \text{ min}$;
idem voor de relatieve vochtigheid.

*Outdoor conditions of the user's own choice (9.8) have
as a result: $T_e \text{ max} = \overline{T}_e = T_e \text{ min}$; ditto for the relative
humidity.*

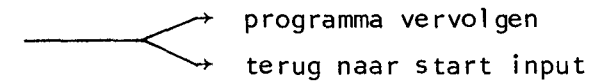
12. Volume van de cel (*Volume of the room*) $\longrightarrow V$ [m³]

13. Temperatuur van de cel (*room tempera-
ture or final product temperature*) $\longrightarrow T_i$ [^oC]

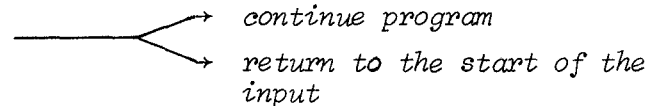
- $T_i = 0^{\circ}\text{C} \rightarrow T_i = 10^{-4}^{\circ}\text{C}$ (om het delen door nul in
formules te voorkomen)
- $T_i < -3^{\circ}\text{C} \rightarrow$
 - titel "koelcel" wordt "vriescel"
 - $S_{ij} = 1$ voor $i = 1$ t/m 32 en
 $j = 1$ t/m 10
d.w.z. alle koelvarianten vervallen
 - programma volgt weg via 14 \rightarrow 17
t/m 19 \rightarrow 27 en 28.

- $T_i > \overline{T_e}$: • $T_i \leq T_{e \max} \longrightarrow \text{stop}$

vraagstelling: voortgaan of inputgegevens herzien?



question ; continue or revision of input data?



- Titel "koelcel" \rightarrow "koel/stookcel"
- $\alpha_s = 2$ dan α_s wordt 1
- $\hat{T_e} = T_{e \max}$ wordt $\hat{T_e} = T_{e \min}$
- $P_v(\hat{T_e})$ wordt $P_v(\hat{T_e}) = P_v(T_{e \min})$
- Programma vervolgt zijn weg bij 16.

14. Verschiltemperatuur koeler - lucht: $\rightarrow \Delta T_k (^{\circ}\text{C})$.

Temperature difference between cold air and mean surface temperature of the heat exchanger.

- Als $\alpha_s = +2$ dan $\Delta T_{ks} = \Delta T_k$ en als $T_i - \Delta T_k < -2 ^{\circ}\text{C}$ dan $\alpha_s = -1$.
- Als $T_i < -3 ^{\circ}\text{C}$ programma vervolgt bij 17.
- Als $T_i - \Delta T_k < -2 ^{\circ}\text{C}$ dan $\alpha_c = -1$ en programma vervolgt bij 16.

15. Type koeler ; droge koeler (*dry*) $\alpha_c = -1$
Type heat exchanger; natte koeler (*wet*) $\alpha_c = 0$

- Geen opgave wordt niet geaccepteerd;
A blank is not accepted here;
- Als $\alpha_s = +2$ dan $\alpha_s = \alpha_c$

16. 1. Alleen bewaring (*storage only*)?

2. Alleen koelen of verwarmen (*cooling or heating only*)?

3. Beide (*both*)?

1. • Als $\alpha_s = + 1$: Titel "koel/stookcel" \rightarrow "stookcel"
 - $S_{ij} = 1$ $i = 1$ t/m 32; $j = 1$ t/m 10
 - Programma vervolgt bij 17.
 2. • $S_{ij} = 1$ $i = 1$ t/m 32; $j = 11$ en 12
 - Programma vervolgt bij 20.
 3. • Programma vervolgt bij 17.
-
17. 1. Circulatievoud bewaren $\rightarrow m_s$ [aantal x celinh./h]
 (*circulation fan rate during storage*)
 - $I_{cs} = m_s$ [m³/h]
 2. Draaiuren circulatieventilator per dag $\rightarrow m_h$ [h/dag]
 (*working hours in a day*)
 - Als $m_h = 24$ dan $\rightarrow 17.3$
 - Als $m_h \neq 24$ dan $r = 1$ en programma naar 18.
 3. Draaiuren compressor of heater per dag \rightarrow aantal
 (*working hours compressor or heater in a day*) [h/dag]
 - $r = \frac{\text{aantal}}{24}$
 - $r \times 24 > m_h$ dan terug naar 17.3
-
18. 1. Ventilatievoud bewaren $\rightarrow n_s$ [aantal x celinh./h]
 - $n_s > m_s$ weigeren en terug naar 17.1
 - $I_{vs} = n_s \cdot V$ [m³/h]
 (*ventilation fan rate during storage*)
 - $n_s = 0$ dan $S_{ij} = 1$ voor $i = 14, 15, 21$
 en $j = 11, 12$.
 2. Draaiuren ventilatieventilator per dag $\rightarrow n_h$ [h/dag]
 (*working hours ventilation fan in a day*)
 - $n_h > m_h \cdot r$; weigeren en terug naar 17.2

19. Relatieve vochtigheid in de cel:

(Relative humidity in the room)

1. vrij (*free*); stel $\Phi = 0$
2. voorgeschreven (*prescribed*); $rh = \Phi$ [%]

1. Vrij:

- $S_{ij} = 1$ voor $i = 11, 12, 13, 20, 27$ en 28
en $j = 11, 12$.
- Als $\alpha_s = +1$ dan $S_{ij} = 1$
voor $i = 17, 18, 23, 24, 29$
en $j = 11, 12$.
- Maak: $\hat{P}_v(T_i) = P_{vs} * 1 (P_v(\bar{T}_e); \bar{T}_e; I_{vs})$
 $\overline{P}_v(T_i)1 = P_{vs} * 1 (P_v(\bar{T}_e); \bar{T}_e; I_{vs})$
 $\overline{P}_v(T_i)2 = P_{vs} * 1 (P_v(\bar{T}_e); \bar{T}_e; 0)$ } met subroutine 4.8.
- Voor $T_i < -3^\circ\text{C}$ programma vervolgt bij 27
- Voor 16.1 programma vervolgt bij 27
- Programma vervolgt bij 19.3.

2. Voorgeschreven:

- Maak: $\hat{P}_v(T_i) = \overline{P}_v(T_i)1 = \overline{P}_v(T_i)2 = \frac{\Phi}{100} P_s(T_i)$
- Als $n_h \geq m_h \cdot r - n_h$ maak: $P = P_{vs} * 1 (P_v(\bar{T}_e); \bar{T}_e; I_{vs})$
als $n_h < m_h \cdot r - n_h$ maak: $P = P_{vs} * 1 (P_v(\bar{T}_e); \bar{T}_e; 0)$ } met subroutine 4.8.
- Als $\overline{P}_v(T_i)1 = P$ dan:
(geen bevochtiger of droger nodig;
a humidifier or drier is not necessary)
 - $S_{ij} = 1$ voor $i = 11, 12, 13, 20, 27$ en 28
en $j = 11, 12$.
 - als $\alpha_s = +1$ dan $S_{ij} = 1$
voor $i = 17, 18, 23, 24, 29$
en $j = 11, 12$.
 - voor $T_i < -3^\circ\text{C}$ programma vervolgt bij 27
 - voor 16.1 programma vervolgt bij 27
 - Programma vervolgt bij 19.3.

Als $\overline{P_v}(T_i)1 > P$ dan:

(in dit geval is een bevochtiger nodig;
in this case a humidifier is asked for)

- als $(T_i - \Delta T_{ks}) < 0^\circ\text{C}$ en $\alpha_s = -1$ dan
 $\Phi = 0$ stellen en terug naar 19 (ijsmachine)
- $S_{ij} = 1$ voor $i = 11, 12, 28$
en $j = 11, 12.$
- als $\alpha_s = +1$ dan $S_{ij} = 1$
voor $i = 17, 18, 23, 24, 29$
en $j = 11, 12.$
- type bevochtiger? water \longrightarrow stel $T_v = 0^\circ\text{C}$
stoom of damp: $T_v \left[^\circ\text{C}\right]$
- 16.1 programma vervolgt bij 27
- Programma vervolgt bij 19.3

Als $\overline{P_v}(T_i)1 < P$ dan:

(in dit geval is een droger nodig;
in this case a drier is asked for)

- als $\alpha_s \neq +1$ dan: $\Delta T_{ks}^* = \Delta T_{ks}$
 $S_{ij} = 1$
voor $i = 12, 13, 20, 27$
en $j = 11, 12.$
- als $\alpha_s = +1$ dan alsnog opvragen:
verschiltemperatuur koeloppervlak-lucht: $\Delta T_{ks}^* \left[^\circ\text{C}\right]$
 $\Delta T_k = \Delta T_{ks}^*$
 $S_{ij} = 1$
voor $i = 11, 13, 20, 27, 28$
en $j = 11, 12$
- als $T_i \geq 0^\circ\text{C}$ dan vervang ΔT_{ks} door:

$$\Delta T_{ks} = T_i - \frac{237,3(\log^{10} \overline{P_v}(T_i)1 - 2,7857)}{(10,2857 - \log^{10} \overline{P_v}(T_i)1)}$$
- als $T_i < 0^\circ\text{C}$ dan vervang ΔT_{ks} door:

$$\Delta T_{ks} = T_i - \frac{265,5(\log^{10} \overline{P_v}(T_i)1 - 2,7857)}{(12,2857 - \log^{10} \overline{P_v}(T_i)1)}$$
- als $(T_i - \Delta T_{ks}) < -2^\circ\text{C}$ en $\alpha_s = +1$ dan
 $\alpha_s = \alpha_c = -1$ stellen
- als $(T_i - \Delta T_{ks}) \geq -2^\circ\text{C}$ en $\alpha_s = +1$ dan
 $\alpha_s = \alpha_c$

- als $\alpha_s > 0$ dan opvragen type koeler:
droge koeler: $\alpha_s = -1$
natte koeler: $\alpha_s = 0$
- $T_i < -3^\circ\text{C}$ programma vervolgt bij 27
- voor 16.1 programma vervolgt bij 27
- Programma vervolgt bij 19.3

3. Als $N = 0$ programma vervolgt bij 20
Als $N \neq 0$ programma vervolgt bij 27

20. Aantal charges: N
(fractional loading; number of intakes)

- Als $N < 1$ dan: terug naar 20
- geen opgave : $N = 1$ stellen
- Als $N = 1$ dan: $S_{ij} = 1$
voor $i = 1$ t/m 32
en $j = 5, 6$.
- Als $N > 1$ dan: $S_{ij} = 1$
voor $i = 1$ t/m 32
voor $j = 1$ t/m 4 en 7 t/m 10

verder opvragen

tijd tussen charges: Δt [h]

(in the latter case the period between two intakes is asked for)

21. Inzettemperatuur produkt : file \longrightarrow $T_o = T_{e1}$ $\begin{bmatrix} ^\circ\text{C} \\ ^\circ\text{C} \end{bmatrix}$
eigen opgave $\rightarrow T_o$
(initial product temperature)

- Als $T_i > T_o$ dan: (heating)
- Titel "koelcel" \longrightarrow "stook/koelcel"
- Titel "koel/stookcel" \longrightarrow "stookcel"
- stel $\alpha_c = +1$ en $\Delta T_k = 0$
- stel $S_{ij} = 1$ voor $i = 1$ t/m 32
en $j = 3, 4, 7, 8, 9, 10$.

- stel $S_{ij} = 1$ voor $i = 17, 18, 23, 24, 29$
en $j = 1, 2, 5, 6$.
- stel $T_{i \min} = T_i$
- Programma vervolgt bij 23
- Als $T_i = T_o$ dan: *(only the storage situation remains)*
 - Titel "koel/stookcel" \longrightarrow "stookcel"
 - $S_{ij} = 1$ voor $i = 1 \text{ t/m } 32$
en $j = 1 \text{ t/m } 10$
 - Programma vervolgt bij 27
- Als $T_i < T_o$ dan: *(cooling)*
 - als $\Delta T_k = 0$ dan opvragen verschiltemperatuur koeloppervlak-lucht:
 ΔT_k [°C]
 - als $\Delta T_i - \Delta T_k < - 2 \text{ °C}$ dan $\alpha_c = - 1$ stellen
 - als $\alpha_c > 0$ dan opvragen type koeler:
droge koeler: stel $\alpha_c = - 1$
natte koeler: stel $\alpha_c = 0$
 - als $N > 1$ dan $T_{i \min} = T_i$ stellen en programma vervolgen bij 23.

22. Minimum temperatuur van de koellucht
(geforceerde koeling) : $T_{i \min}$ [°C]
(minimum safe air temperature)

- geen opgave dan: $T_{i \min} = T_i$
- wel opgave maar $T_{i \min} > T_i$ dan terug naar 22.
- - als $T_{i \min} = T_i$ dan $S_{ij} = 1$
voor $i = 1 \text{ t/m } 32$
en $j = 3, 4, 9, 10$
- als $T_{i \min} < T_i$ dan $S_{ij} = 1$
voor $i = 1 \text{ t/m } 32$
en $j = 1, 2, 5, 6, 7, 8$.

23. Circulatievoud koelen of
verwarmen: $\longrightarrow m_c$ [aantal x celinh./h]
(circulation fan rate during cooling or heating)

• $I_{cc} = m_c \cdot V$ [m³/h]

24. Ventilatievoud koelen of
verwarmen: $\longrightarrow n_c$ [aantal x celinh./h]

• $I_{vc} = n_c \cdot V$ [m³/h]

(ventilation fan rate during cooling or heating)

• als $n_c > m_c$; weigeren en terug naar 23

25. Gewenste afkoeltijd (per charge): T [h]
(maximum allowed cooling time)

• als $N > 1$ dan: totale koeltijd: $(N-1) \Delta t + T$ [h]
(a cooling or heating process with fractional
intake needs an overall cooling or heating
time that is given by the formula mentioned
above)

26. Koeleigenschap van de lading
(cooling property of the load; half cool time)

Opgave in welke vorm? 1. halfkoeltijd $\longrightarrow t_{\frac{1}{2}}$ [h]

2. 90% koeltijd $\longrightarrow t_{90}$ [h]

3. specifieke koel-
snelheid $\longrightarrow k^*$ [h⁻¹]

1. geeft $t_{\frac{1}{2}}$ [h]

2. geeft $t_{\frac{1}{2}}$ via $t_{\frac{1}{2}} = 0,3010 \cdot t_{90}$ [h]

3. geeft $t_{\frac{1}{2}}$ via $t_{\frac{1}{2}} = \text{abs} \left(\frac{\ln 0,5}{k^*} \right)$ [h]

• als $T_i \text{ min} = T_i$ en $\frac{\ln (T_o - T_i)}{\ln 2} \cdot t_{\frac{1}{2}} > T$

dan weigeren en terug naar 25

(More or less arbitrary condition to ensure, that
with the given data T and $t_{\frac{1}{2}}$ at least an exponen-
tial cooling process is possible; when the described
condition is met the data of 25 and 26 have to be
revised).

Als $T_{i \min} < T_i$ en $\left\{ \frac{\ln(T_o - T_{i \min}) - \ln(T_i - T_{i \min})}{\ln 2} \cdot t_{\frac{1}{2}} > T \right.$

dan weigeren en terug naar 25

(Condition to ensure that with the given data T and $t_{\frac{1}{2}}$ at least a forced exponential cooling process is possible)

• Als $S_{17} = 0$

- maak: $k = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}}$

- maak: $\tau_3 = T - (\ln 100/k)$

- als $\tau_3 < 0,3 T^{0,75}$ (zie hfdst. 3, III)

dan $S_{ij} = 1$ voor $i = 1$ t/m 32
en $j = 7, 8$.

(Condition for excluding the linear cooling process).

• Als $S_{19} = 0$

- dan uitvoeren; "berekening" zoals beschreven in hfdst. 3, IV.

Deze levert ; $t_4, T_4, T_{i \min}^*$ en τ_4

- als $\tau_4 < 0,3 T^{0,75}$ (zie hfdst. 3, IV)

dan $S_{ij} = 1$ voor $i = 1$ t/m 32
en $j = 9, 10$.

(Condition for excluding the forced linear cooling process; therefore the calculation is carried out which is described in chapter 3, IV).

• Als $S_{19} = 0$ en $\tau_4 \geq 0,3 T^{0,75}$ dan:

(this means a forced linear cooling process is allowed)

- als $\text{abs}(T_{i \min}^* - T_{i \min}) \leq 0,5 ^\circ\text{C}$

dan programma vervolgen

- als $\text{abs}(T_{i \min}^* - T_{i \min}) > 0,5 ^\circ\text{C}$

dan heeft de gebruiker de keus tussen:

1. Het geforceerde exponentiële koelproces te laten berekenen op basis van de opgegeven $T_{i \min}$.
2. Het geforceerde exponentiële koelproces te laten berekenen op dezelfde basis als het geforceerd lineaire koelproces. In dat geval stel: $T_{i \min} = T_{i \min}^*$.

In this case the operator gets the choice between:

1. To calculate the forced exponential cooling process with $T_{i \min}$ as proposed.
2. To calculate the forced exponential cooling process with the same minimum temperature as is used for the forced linear cooling process. In that case the program puts $T_{i \min} = T_{i \min}^*$.

• Als $T_{i \min} - \Delta T_k < -2^\circ\text{C}$ dan:

$$\alpha_c = -2 \text{ abs Sgn } (\alpha_c - 1) + 1$$

$$\text{maak } \alpha_s' = -2 \text{ abs Sgn } (\alpha_s - 1) + 1$$

als $\alpha_s' \neq \alpha_s$ en $S_{ij} = 0$ voor $i = 1$ en $j = 11$ dan

stel $\alpha_s = \alpha_s'$ en

voor $\Phi = 0$ ga naar 19.1 of

voor $\Phi \neq 0$ ga naar 19.2.

27. Vermogen verlichting e.d.: L_v [W]
(lighting etc.)

Branduren per dag : L_h [h/dag]
(daily burning hours)

$$\bullet L = \frac{L_v \cdot L_h}{1000} \quad [\text{kWh/dag}]$$

28. Hoeveel soorten wanden aan de cel (max. 10): J
(number of different types of walls in the room;
different means here with respect to insulation
or outside temperature)

Geef voor iedere soort op?:

(state for every type of wall)

1. Oppervlak (area) : S [m²]

2. Temperatuur :
 (outside temperature)
via file : $T_e = T_{e \text{ file}}^{1)}$
met de hand : $T_e = T_e^*$ [°C]
3. K-waarde (*K-value*) : K [W/m² K]

of (or)
- wandopbouw
(wall construction in order to obtain a K-value)
- 1e laag : materiaalsoort: → λ 1 [W/m·K]
 (material first layer)
 via bouwmaterialen file "KOCAMAT"
 (zie bijlage 4) of via invoer van
 een λ-waarde met de hand
 (by means of a file for construc-
 tion materials, see appendix 4,
 or by means of stating a λ-value)
- Laagdikte: d1 [m]
 (thickness first layer)
- 2e laag : idem voor de 2e laag
 (ditto for the second layer)
 enz. tot er geen laag meer aanwe-
 zig is
 (and so on for all the layers
 present)
- spouw aanwezig? ja of nee
 (hollow wall?) (yes or no)
- Yes: γ = 1
No : γ = 0

1) Te file betekent, dat voor Te wordt ingevuld T_{el} of \hat{T}_e of \overline{T}_e . Dit is afhankelijk van de variant en van het type berekening n.l. capaciteit of energie.

Te file means that for *Te* the program fills in *Te1* or \hat{Te} or \overline{Te} . This depends on the type of process and the type of calculation i.e. capacity or energy consumption.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{dn}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_u} + \frac{\gamma}{\alpha_{spouw}}$$

met: $\alpha_i = 8,2 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$

$\alpha_u = 29,1 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$

$\alpha_{spouw} = 6,4 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$

Subroutine voor de instraling

Subroutine "heat flow through the wall"

Input parameters: J = aantal wanden
 S1 t/m S_j (oppervlakken) $\left[\text{m}^2 \right]$
 K1 t/m K_j (K-waarden) $\left[\text{W/m}^2 \cdot \text{K} \right]$
 Te1 t/m Te_j (buitentemperatuur) $\left[^\circ \text{C} \right]$
 gebaseerd op Te1, $\hat{\text{Te}}$, $\overline{\text{Te}}$ of Te*

Input variabelen: Ta (t) luchttemperatuur $\left[^\circ \text{C} \right]$
 basis voor Te

Output: R (Ta, Te) $\left[\text{kW} \right]$

$$R (Ta, Te) = \sum_{j=1}^J S_j \cdot K_j \cdot (Ta - Te_j) / 1000$$

7. REKENFORMULES AAN DE HAND VAN DE ELEMENTEN VAN DE STUURMATRIX *CALCULATION FORMULAS CONNECTED WITH THE ELEMENTS OF THE CONTROL MATRIX*

Zie hoofdstuk 5. De elementen $S_{ij} = 0$ worden in de berekening meegenomen. De elementen $S_{ij} = 1$ worden in de berekeningen overgeslagen. De waardering van de elementen is geregeld tijdens de invoer van de gegevens (hoofdstuk 6).

Calculation formula labeled by the elements of the control matrix S_{ij} . See chapter 5. The elements with value $S_{ij} = 0$ are carried out during the calculation. The elements S_{ij} with value 1 are skipped. The value of the elements is appointed during the data input procedure (chapter 6).

Exponentiële koeling of verwarming

(*Exponential cooling or heating*)

Geforceerde exponentiële koeling

(*Forced exponential cooling*)

Als S 11 = 1 → S 13

Anders:

Tp (t) volgens hoofdstuk 3I

Ta (t) "

t1 "

t2 = T

t2* = t1*=0 zie hoofdstuk 3I

Exponentiële koeling

Als S 13 = 1 → S 15

Anders:

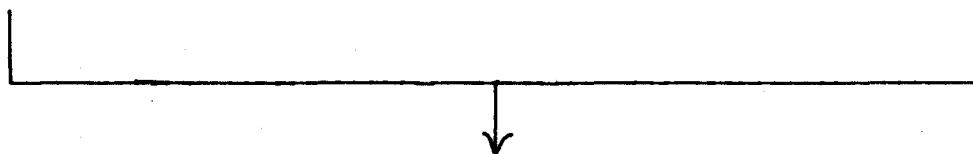
Tp (t) volgens hoofdstuk 3II

Ta (t) "

t2 "

t2 "

Geforceerde exponentiële koeling



Maak: Tp (t) abs = Tp (t) + 273,15 [K]

$$I_w = \int_0^T e^{-B/T_p(t) \text{ abs}} \cdot dt \quad [h] \quad (1)$$

Maak: Pvc1 (Tp (t) ; Ta (t) ; 1)
 Pvc2 (Tp (t) ; Ta (t) ; 1)
 F (Ta (t)) } met subroutine 4.6.

$$\Delta p(t) = P_{vc2}(t) - P_{vc1}(t) \quad \text{met}$$

$$\Delta p(t) \leq 0 \rightarrow \Delta p(t) = 0$$

$$I_{p1} = \int_0^{t_2} P_{vc2}(t) dt \quad [Pa \cdot h] \quad (2)$$

$$I_{p2} = \int_{t_2}^T P_{vc2}(t) dt \quad [Pa \cdot h] \quad (3)$$

$$I_v = \int_0^T F(T_a(t)) \cdot T_p(t) \cdot \Delta p(t) \cdot dt \quad [kg \text{ damp} \cdot K] \quad (4)$$

$$t_2^* \neq 0 \rightarrow \gamma = (abs \alpha_c) \cdot t_2^* \quad [condens \text{ en ijs}]$$

$$t_2^* = 0 \quad (abs \alpha_c) \cdot (T_{i \min} - \Delta T_k) > 0 \rightarrow \gamma = 0 \quad [alles \text{ condens}]$$

$$t_2^* = 0 \quad (abs \alpha_c) \cdot (T_{i \min} - \Delta T_k) < 0 \rightarrow \gamma = T \quad [alles \text{ ijs}]$$

$$I_c = \int_{\gamma}^T F(T_a(t)) \cdot \Delta p(t) \cdot dt \quad [kg \text{ condens}] \quad (5)$$

$$I_i = \int_0^{\gamma} F(T_a(t)) \cdot \Delta p(t) \cdot dt \quad [kg \text{ ijs}] \quad (6)$$

S 41 met $T_{i \min} = T_i$

Veldwarmte produkt

S 43

$$Q_4 = \frac{1000 m_p c_p (T_o - T_{i \min}) \cdot \ln 2}{3600 \cdot t_{\frac{1}{2}}} \quad [kW]$$

S 42

S 44

$$Q_4' = \frac{1000 m_p c_p (T_o - T_i)}{3600} \quad [kWh]$$

S 51 met $T_{i \min} = T_i$

Veldwarmte verpakking

S 53

$$Q_5 = \frac{C_e \cdot (T_o - T_{i \min}) \cdot \ln 2}{3600 \cdot t_{\frac{1}{2}}} \quad [kW]$$

S 52

S 54

$$Q_5' = \frac{C_e (T_o - T_i)}{3600} \quad [kWh]$$

S 61

Warmteproductie

S 63

$$Q_6 = m_p \cdot A \cdot e^{-B / (T_o + 273,15)} \quad [kW]$$

S 62

S 64

$$Q_6' = m_p \cdot A \cdot I_w \quad [kWh]$$

Voor I_w zie formule (1).

S 71 met $T_{i \min} = T_i$

Instraling

S 73

$$Q_7 = R (T_{i \min}, T_{e1}) \quad [kW]$$

met subroutine hoofdstuk 6.28

S 72 met $T_{i \min} = T_i$

S 73

$$Q_7' = R (T_{i \min}, T_{e1}) \cdot t_2 + R (T_i, T_{e1}) \cdot (T - t_2) \quad [kWh]$$

S 81

Ventilatorwarmte

S 83

$$Q_8 = f_{int} \cdot \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{cc}}{0,092} + 1 \right) + i_{nt} \cdot \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{vc}}{0,092} + 1 \right) \cdot 0,092 \quad [kW]$$

S 82

S 84

$$Q_8' = Q_8 \cdot T \quad [kWh]$$

S 252

S 254

$$E25 = Q8' \quad [\text{kWh}]$$

S 91

Verlichting

S 93

$$Q9 = \frac{Lv}{1000} \quad [\text{kW}]$$

S 92

S 94

$$Q9' = \frac{L \cdot T}{24} \quad [\text{kWh}]$$

S 262

S 264

$$E26 = Q9' \quad [\text{kWh}]$$

S 101 met $Ti \text{ min} = Ti$

Vochtafgifte

S 103

$$\text{Maak: } P1 = Pvc1 (To ; Ti \text{ min} ; 1) \quad [\text{Pa}] \quad (7)$$

$$P2 = Pvc2 (To ; Ti \text{ min} ; 1) \quad [\text{Pa}] \quad (8)$$

$$F (Ti \text{ min}) \quad [\text{kg damp/Pa} \cdot \text{h}]$$

$$\Delta p = P2 - P1 \quad [\text{Pa}]$$

$$Q10 = \frac{F (Ti \text{ min}) \cdot \Delta p \cdot 4,19 To}{3600} \quad [\text{kW}]$$

S 102 met $Ti \text{ min} = Ti$

S 104

$$\text{Maak: } P3 = Pvc1 (Ti ; Ti \text{ min} ; 1) \quad [\text{Pa}] \quad (9)$$

$$P4 = Pvc1 (Ti ; Ti ; 1) \quad [\text{Pa}] \quad (10)$$

$$H1 = V \cdot \{Mv(Ti \text{ min}; P3) - Mv(Te1; Pv(Te1))\} \quad [\text{kg damp}]$$

$$H2 = V \cdot \{Mv(Ti ; P4) - Mv(Te1; Pv(Te1))\} \quad [\text{kg damp}]$$

Als $H1 \geq 0$ maak dan $Ha = H1$

$$Hb = H2 - H1$$

$$Hc = 0$$

(11)

$$\begin{aligned} \text{Als } H1 < 0 \text{ maak dan } H_a &= 0 \\ H_b &= H2 - H1 \\ H_c &= H1 \end{aligned} \quad (11)$$

$$\text{Als } \alpha_c = +1 \text{ stel dan } H_c = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Als } T_o < T_{e1} \text{ en } T_i > T_{e1} \text{ dan } T_h &= T_{e1} \\ \text{anders:} \quad T_h &= T_o \end{aligned}$$

$$Q_{10}' = 4,19 \left\{ \frac{I_v + \text{abs } \alpha_c \cdot (H_a \cdot T_h + H_b \cdot T_i)}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}]$$

Voor I_v zie formule (4).

S 192

Vochtafgifte; waterhuishouding

S 194

$$M_{19} = I_c + I_i + \text{abs } \alpha_c \cdot (H_a + H_b) \quad [\text{kg water}]$$

Voor I_c , I_i , H_a en H_b zie resp. de formules (5), (6), (11)

S 141

Ventilatie in

S 143

$$\text{Maak: } r_1 = I_{vc} \cdot M_a (T_{e1} ; P_v (T_{e1})) \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{lucht}}}{\text{h}} \right] \quad (12)$$

$$r_2 = I_{vc} \cdot M_v (T_{e1} ; P_v (T_{e1})) \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{lucht}}}{\text{h}} \right] \quad (13)$$

$$Q_{14} = \frac{r_1 \cdot A (T_{e1}) + r_2 \cdot V (T_{e1})}{3600} \quad [\text{kW}]$$

S 142

S 144

$$Q_{14}' = Q_{14} \cdot T \quad [\text{kWh}]$$

S 151 met $T_i \text{ min} = T_i$

Ventilatie uit

S 153

$$\text{Maak: } r_3 = I_{vc} \cdot f \left(\frac{T_i \text{ min} | P_v(T_{e1})}{T_{e1} | P_2} \right) \cdot M_v(T_i \text{ min}, P_2) \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{damp}}}{\text{h}} \right] \quad (14)$$

Voor P_2 zie formule (8) onder S 101; S 103.

$$Q_{15} = - \left\{ \frac{r_1 \cdot A (T_i \text{ min}) + r_3 \cdot V (T_i \text{ min})}{3600} \right\} \quad [\text{kW}]$$

Voor r_1 zie formule (12) onder S 141; S 143.

S 152 met $T_i \text{ min} = T_i$

S 154

$$\text{Maak: } P_5 = \frac{I_{p1}}{t_2} \quad [\text{Pa}] \quad (15)$$

Voor I_{p1} zie formule (2).

$$P_6 = \frac{I_{p2}}{(T-t_2)} \quad [\text{Pa}] \quad (16)$$

Voor I_{p2} zie formule (3).

$$r_4 = I_{vc} \cdot f \left(\frac{T_i \text{ min} | P_v(T_{e1})}{T_{e1} | P_5} \right) \cdot M_v(T_i \text{ min}; P_5) \quad [\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h}] \quad (17)$$

$$r_5 = I_{vc} \cdot f \left(\frac{T_i | P_v(T_{e1})}{T_{e1} | P_6} \right) \cdot M_v(T_i; P_6) \quad [\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h}] \quad (18)$$

$$I_{vc} > 0 \rightarrow \begin{matrix} H_c = H_c \\ H_d = 0 \end{matrix}$$

of

$$I_{vc} = 0 \rightarrow \begin{matrix} H_d = H_c \\ H_c = 0 \end{matrix}$$

(19)

Voor H_c zie formule (11) onder S 102; S 104.

$$Q_{15}' = - \left[r_1 \cdot \{ A (T_i \text{ min}) \cdot t_2 + A (T_i) \cdot (T-t_2) \} + r_4 \cdot V (T_i \text{ min}) \cdot t_2 + r_5 \cdot V (T_i) \cdot (T-t_2) - H_c \cdot V (T_i \text{ min}) \right] / 3600 \quad [\text{kWh}]$$

Voor r_1 zie formule (12) onder S141; S 143.

S 212

Vochtaanvoer via ventilatie (waterhuishouding)

S 214

$$M21 = r2 \cdot T - \{ r4 \cdot t2 + r5 \cdot (T-t2) - Hc \} \quad [\text{kg water}]$$

Voor r2, r4, r5, en Hc zie resp. formules (13), (17), (18), (11) onder S 141 of S 143; S 152 of S 154; S 102 of S 104.

S 302 met $Ti \text{ min} = Ti$

$\Delta T \text{ retour}$

S 304

$$\begin{aligned} \Delta T \text{ retour} = & \left[(Q4' + Q5' + Q6' + Q7' + Q9') - \right. \\ & \left. \frac{(Ic + Ii) \cdot 2500}{3600} \right] / \frac{Icc}{3600} \left[\{ 1,006 \cdot \right. \\ & Ma (Ti \text{ min} ; P5) + 1,86 Mv (Ti \text{ min} ; P5) \} \\ & \cdot t2 + \{ 1,006 Ma (Ti ; P6) + 1,86 \\ & \left. Mv (Ti ; P6) \} \cdot (T - t2) \right] \quad [^\circ C] \end{aligned}$$

Voor Ic en Ii zie de formules (7) en (8);

Voor P5 en P6 zie de formules (15) en (16)

Procedure:

$\Delta T \text{ retour}$ wordt zichtbaar gemaakt op de monitor. Wanneer de $\Delta T \text{ retour}$ ongeschikt wordt geacht voor het functioneren van de koeler, kan een nieuwe circulatie Icc worden gekozen. Het programma maakt dan de berekening tot dit punt opnieuw.

$\Delta T \text{ retour}$ is made visible on the monitor. If the $\Delta T \text{ retour}$ is regarded as unsuitable for the functioning of the heat exchanger, a new circulation fan rate Icc can be chosen. After this, the program repeats the calculation up till this point.

S 162

Koeling cellucht

S 164

$$Q_{16}' = \left[V \cdot \left[\{ Ma (Te1 ; Pv (Te1)) \cdot A (Te1) - Ma (Ti ; P4) \cdot A (Ti) \} + \{ Mv (Te1 ; Pv (Te1)) \cdot (V (Te1) - V (Ti)) \} \right] - (Ha + Hb + Hc + Hd) \cdot V (Ti) \right] / 3600 \quad [kWh]$$

Voor P4, Ha, Hb, Hc, Hd zie formules (10) en (11)

onder S 102 of S 104

en formule (19) onder S 152 en S 154.

S 222

Vochtopname cellucht (waterhuishouding)

S 224

$$M_{22} = - (Ha + Hb + Hc + Hd) \quad [kg \text{ water}]$$

Voor Ha, Hb en Hc zie formules (11)

onder S 102 en S 104;

Voor Hd zie formule (19)

onder S 152 en S 154.

S 171 met $Ti \text{ min} = Ti$

Condensvorming

S 173

- $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (Ti \text{ min} - \Delta Tk) < 0$ (condens en ijs) dan S 171 en S 173 = 1 stellen en programma vervolgen bij S 172; S 174
- Anders (alles condens):

$$Q_{17} = - \left(\frac{Q_{10}}{4,19 \cdot To} + \frac{r_2 - r_3}{3600} \right) \cdot W (Ti \text{ min} - \Delta Tk) + 1E - 90^{11} \quad [kW]$$

en S 181, S 182, S 183, S 184, S 242, S 244, S 292 en S 294 = 1 stellen.

¹¹⁾ Zie voetnoot op bldz. 65.

S 172 met $T_{i \min} = T_i$

S 174

• Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_{i \min} - \Delta T_k) \geq 0$ (alles condens)

Verder:

$$Q_{17}' = - \left[I_c \cdot W (T_{i \min} \cdot \frac{t_2}{T} + T_i \cdot \frac{T - t_2}{T} - \Delta T_k) + (r_2 - r_4) \cdot t_2 \cdot W (T_{i \min} - \Delta T_k) + (r_2 - r_5) \cdot (T - t_2) \cdot W (T_i - \Delta T_k) - \{ H_d + (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_a \} \cdot W (T_{i \min} - \Delta T_k) - \{ (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_b \} \cdot W (T_i - \Delta T_k) \right] / 3600 + 1E - 90^{1)} \quad [\text{kWh}]$$

Voor I_c zie formule (5).

Voor r_2 , r_3 , r_4 , en r_5 zie de formules (13), (14), (17) en (18) onder resp. S 141, S 143, S 152, S 154.

Voor H_a en H_b zie formules (11) onder S 102 en S 104.

Voor H_d zie formule (19) onder S 152 en S 154.

1)

De enthalpie van condenswater is per definitie 0 wanneer de koelertemperatuur $T_k = 0^\circ \text{C}$. Omdat het programma bij het printen van de output de opdracht heeft alle regels met nullen weg te laten en het toch een wens is geweest wanneer tenminste een koeler aanwezig is om het begrip condens in de output op te nemen, is aan sommige formules een klein getal (1E - 90) toegevoegd.

The enthalpie of condens water is by definition 0 for a cooler temperature $T_k = 0^\circ \text{C}$. While the program for printing the output has the order to skip all rows with zero's and while it was a wish at least when a cooler is present to include the concept of condens in the output, some formula's have as an addition a small number (1E - 90).

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_i - \Delta T_k) < 0^\circ\text{C}$ (alles ijs)
dan S 172, S 174, S 232 en S 234 = 1 stellen
en programma vervolgen bij S 181 en S 183.

- Anders (ijs en condens)

$$Q_{17}' = - \left[I_c + (r_2 - r_5) \cdot (T - t_2) - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_b \right] \cdot W (T_i - \Delta T_k) / 3600 + 1E - 90^{1)} \quad [\text{kWh}]$$

S 181 met $T_i \text{ min} = T_i$

IJsvorming

S 183

$$Q_{18} = - \left(\frac{Q_{10}}{4,19 T_o} + \frac{r_2 - r_3}{3600} \right) \cdot I (T_i \text{ min} - \Delta T_k) [\text{kW}]$$

Voor r_2 zie formule (13) onder S 141 en S 143.

Voor r_3 zie formule (14) onder S 151 en S 153.

S 182 met $T_i \text{ min} = T_i$

S 184

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_i - \Delta T_k) < 0^\circ\text{C}$ (alles ijs) dan;

$$Q_{18}' = - \left[I_i \cdot I (T_i \text{ min} \cdot \frac{t_2}{T} + T_i \frac{T - t_2}{T} - \Delta T_k + (r_2 - r_4) \cdot t_2 \cdot I (T_i \text{ min} - \Delta T_k) + (r_2 - r_5) \cdot (T - t_2) \cdot I (T_i - \Delta T_k) - \{ H_d + (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_a \} \cdot I (T_i \text{ min} - \Delta T_k) - \{ (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_b \} \cdot I (T_i - \Delta T_k) \right] / 3600 \quad [\text{kWh}]$$

- Anders (ijs en condens)

$$Q_{18}' = - \left[I_i + (r_2 - r_4) \cdot t_2 - \{ H_d + (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_a \} \right] \cdot I (T_i \text{ min} - \Delta T_k) / 3600 \quad [\text{kWh}]$$

1)

Zie voetnoot op bldz 65.

S 232 met $T_i \min = T_i$

Condens (vochthuishouding)

S 234

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_i \min - \Delta T_k) \geq 0^\circ \text{C}$ (alles condens)

$$M_{23} = - \left[I_c + (r_2 - r_4) \cdot t_2 + (r_2 - r_5) \cdot (T - t_2) - H_d - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot (H_a + H_b) \right] \quad [\text{kg water}]$$

- Anders (ijs en condens)

$$M_{23} = - \left[I_c + (r_2 - r_5) \cdot (T - t_2) - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_b \right] \quad [\text{kg water}]$$

Voor r_2 , r_4 en r_5 zie de formules (13), (17) en (18)

onder resp. S 141, S 143 en S 152 en S 154.

Voor H_a en H_b zie formule (11) onder S 102, S 104.

Voor H_d zie formule (19) onder S 152, S 154.

Voor I_c en I_i zie de formules (5) en (6).

S 242 met $T_i \min = T_i$

IJsvorming (vochthuishouding)

S 244

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_i - \Delta T_k) < 0^\circ \text{C}$ (alles ijs) dan:

$$M_{24} = - \left[I_i + (r_2 - r_4) \cdot t_2 + (r_2 - r_5) \cdot (T - t_2) - H_d - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot (H_a + H_b) \right] \quad [\text{kg ijs}]$$

- Anders (ijs en condens)

$$M_{24} = - \left[I_i + (r_2 - r_4) \cdot t_2 - H_d - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_a \right] \quad [\text{kg ijs}]$$

Voor I_c en I_i zie de formules (7) en (8).

Voor r_2 , r_4 , en r_5 zie de formules (13), (17) en (18).

Voor H_a en H_b zie formules (11).

Voor H_d zie formule (19).

Exponentieel koelproces; chargewijze belading van de cel.

(*Exponential cooling with fractional intake of the load*)

$$S_{15} = 1 \rightarrow S_{17}$$

Anders: $T_p(t)$ volgens hoofdstuk 3.I

$$T_a(t) = T_i$$

t_1 en t_1^* worden niet toegepast.

$$\text{Maak: } T_p(t)_{\text{abs}} = T_p(t) + 273,15 \quad [K]$$

$$I_w = \int_0^T e^{-B/T_p(t)_{\text{abs}}} \cdot dt \quad [h] \quad (20)$$

$$\text{Stel: } l = 0$$

$$l = l + 1$$

Ingang A

Entrance A

$$\text{Maak: } \overline{T_p(l,t)} = T_i + (T_o - T_i) \left\{ \frac{1}{l} \sum_{n=1}^l e^{-\frac{\ln 2}{t_2}(n-1)\Delta t} \right\} e^{-\frac{\ln 2}{t_2} \cdot t} \quad [^{\circ}C]$$

Dit is de gemiddelde produkttemperatuur in de cel als functie van de tijd in de periode na de inbreng van de l -de charge.

This is the mean product temperature in the room as a function of time during the not yet defined period following the intake of the part of the load with the ordinal number l .

Maak:
$$\left. \begin{array}{l} P1(1,t) = Pvc1(\overline{Tp}(1,t); Ti; 1) \\ \text{en} \quad P2(1,t) = Pvc2(\overline{Tp}(1,t); Ti; 1) \\ \text{en} \quad F(Ti) \end{array} \right\} \text{ met subroutine 4.6.}$$

Maak: $\Delta p(1,t) = P2(1,t) - P1(1,t)$ met
 $\Delta p(1,t) \leq 0 \rightarrow \Delta p(1,t) = 0$

Maak:
$$P_{cel}(1) = \frac{\int_0^{\Delta t + (\text{Sgn}(1-N) + 1) \cdot (T - \Delta t)} P2(1,t) \cdot dt}{\Delta t + (\text{Sgn}(1-N) + 1) \cdot (T - \Delta t)}$$

Maak: $P_{cel} = P_{cel} + P_{cel}(1)$ om resultaat (23) te berekenen

Maak:
$$U = U + I_{vc} \cdot f\left(\frac{Ti}{Te1} \middle| \frac{P_v(Te1)}{P_{cel}(1)}\right) \cdot M_v(Ti; P_{cel}(1)) \cdot$$

 $(\Delta t + (\text{Sgn}(1-N) + 1) \cdot (T - \Delta t))$ om resultaat (21) te berekenen

Maak:
$$I_c = I_c + F(Ti) \cdot \int_0^{\Delta t + (\text{Sgn}(1-N) + 1) \cdot (T - \Delta t)} \Delta p(1,t) \cdot dt$$
 om
 resultaat (24) en (25)
 te berekenen

Stel: $n = 0$
 $n = n + 1$

Ingang B
 Entrance B

Maak:
$$Tp(1,n,t) = Ti + (To - Ti) e^{-\frac{\ln 2}{t_1^2} \{ t + (1-n) \Delta t \}}$$

Dit is de produkttemperatuur van de n^e charge ($1 \leq n \leq l$) als functie van de tijd in de periode na de inbreng van de 1 - de charge.

This is the product temperature of the part of the load with ordinal number n ($1 \leq n \leq l$) as a function of time during the period after the intake of the part of the load with ordinal number 1.

Maak:
$$I_v(l) = I_v(l) + \int_0^{\Delta t + (\text{Sgn}(1-N) + 1) \cdot (T - \Delta t)} T_p(l, n, t) \cdot \Delta p(l, n) \cdot dt \text{ om resultaat (22) te berekenen}$$

$n \neq 1 \longrightarrow$ ingang B (entrance B)

$n = 1$ geeft:
$$\sum_{n=1}^1 I_v(l)$$

Maak:
$$I_v = I_v + \frac{F(T_i)}{1} \cdot \sum_{n=1}^1 I_v(l)$$

$l \neq N \longrightarrow$ ingang A (entrance A)

$l = N$ geeft:

$$U = I_{vc} \cdot \sum_{l=1}^N f\left(\frac{T_i}{T_{e1}} \middle| \frac{P_v(T_{e1})}{P_{ce1}(l)}\right) \cdot M_v(T_i; P_{ce1}(l)) \cdot (\Delta t + (\text{Sgn}(1-N) + 1) \cdot (T - \Delta t)) \quad [\text{kg damp}] \quad (21)$$

$$I_v = F(T_i) \sum_{l=1}^N \frac{1}{1} \sum_{n=1}^1 I_v(l) \quad [\text{kg damp} \cdot K] \quad (22)$$

$$I_c = F(T_i) \sum_{l=1}^N \int_0^{\Delta t + (\text{Sgn}(1-N) + 1) \cdot (T - \Delta t)} \Delta p(l, t) \cdot dt \quad [\text{kg condens of ijs}]$$

$$\overline{P_{ce1}} = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N P_{ce1}(l) = \frac{P_{ce1}}{N} \quad [\text{Pa}] \quad (23)$$

$$(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_i - \Delta T_k) \geq 0 \rightarrow \begin{cases} I_c = I_c \\ I_i = 0 \end{cases} \quad \begin{matrix} [\text{kg condens}] \\ [\text{kg ijs}] \end{matrix} \quad \begin{matrix} (24) \\ (25) \end{matrix}$$

Anders geldt: $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_i - \Delta T_k) < 0 \rightarrow \begin{cases} I_i = I_c \\ I_c = 0 \end{cases} \quad \begin{matrix} [\text{kg ijs}] \\ [\text{kg condens}] \end{matrix} \quad \begin{matrix} (25) \\ (24) \end{matrix}$

S 45

$$Q_4 = \frac{\text{Veldwarmte produkt} \cdot 1000 \cdot m_p \cdot c_p \cdot (T_o - T_i) \cdot \ln 2 \cdot \sum_{l=1}^N e^{-\frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}}(N-l)} \Delta t}{3600 \cdot t_{\frac{1}{2}} \cdot N} \quad [\text{kW}]$$

S 46

$$Q_4' = \frac{1000 \cdot m_p \cdot c_p \cdot (T_o - T_i)}{3600} \quad [\text{kWh}]$$

S 55

$$Q_5 = \frac{\text{Veldwarmte verpakking} \cdot C_e \cdot (T_o - T_i) \cdot \ln 2 \cdot \sum_{l=1}^N e^{-\frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}}(N-l)} \Delta t}{3600 \cdot t_{\frac{1}{2}} \cdot N} \quad [\text{kW}]$$

S 56

$$Q_5' = \frac{C_e \cdot (T_o - T_i)}{3600} \quad [\text{kWh}]$$

S 65

Warmteproductie

$$l = 0$$

$$l = l + 1$$

→
Ingang C
Entrance C

$$\text{Maak: } T_p(l) = T_i + (T_o - T_i) e^{-\frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}}(N-l)} \Delta t \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Dit is de produkttemperatuur van de l - de charge bij de start van de laatste charge.

This is the product temperature of the partial load with ordinal number l at the moment the cooling process starts for the last partial load (ordinal number N).

Maak: $T_p = T_p + T_p (1)$ voor $\sum T_p (1)$

Maak: $\text{abs } T_p (1) = T_p (1) + 273,15$ [K]

Maak: $Q_6 (1) = m_p \cdot A \cdot e^{-\frac{B}{\text{abs } T_p (1)}}$

Maak: $Q_6 = Q_6 + Q_6 (1)$ voor $\sum Q_6 (1)$

$l \neq N$ \longrightarrow ingang C (entrance C)

$l = N$ geeft: $\sum_{l=1}^N Q_6 (1) = m_p A \sum_{l=1}^N e^{-\frac{B}{\text{abs } T_p (1)}}$

en $\sum_{l=1}^N T_p (1)$

Maak: $Q_6 = \frac{m_p \cdot A}{N} \sum_{l=1}^N e^{-\frac{B}{\text{abs } T_p (1)}}$ [kW]

en $\overline{T_p} = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N T_p (1)$ [$^{\circ}\text{C}$] (26)

S 66

$$Q_6' = m_p \cdot A \cdot I_w + \frac{m_p \cdot A \cdot e^{-\frac{B}{T_i + 273,15}} \cdot (N-1) \cdot \Delta t}{2}$$

[kWh]

Voor I_w zie formule (20).

S 75

Instalating

$Q_7 = R (T_i, T_{e1})$ [kW]

met subroutine hoofdstuk 6.28.

S 76

$$Q7' = R (Ti, Te1) \cdot \{ T + (N-1) \Delta t \} \quad [\text{kWh}]$$

S 85

Ventilatorwarmte

$$Q8 = \{ \text{int} \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{cc}}{0,092} + 1 \right) + \text{int} \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{vc}}{0,092} + 1 \right) \} 0,092 \quad [\text{kW}]$$

S 86

$$Q8' = Q8 \cdot \{ T + (N-1) \Delta t \} \quad [\text{kWh}]$$

S 256

$$E25 = Q8' \quad [\text{kWh}]$$

S 95

Verlichting

$$Q9 = \frac{L_v}{1000} \quad [\text{kW}]$$

S 96

$$Q9' = \frac{L \cdot \{ T + (N-1) \Delta t \}}{24} \quad [\text{kWh}]$$

S 266

$$E26 = Q9' \quad [\text{kWh}]$$

S 306

ΔT retour

$$\Delta T \text{ retour} = \left[(Q4' + Q5' + Q6' + Q7' + Q9') - \frac{(I_c + I_i) \cdot 2500}{3600} \right] / \frac{I_{cc}}{3600} \{ 1,006 M_a (Ti, \overline{P_{cel}}) + 1,86 M_v (Ti, \overline{P_{cel}}) \} (T + (N-1) \Delta t) \quad [^\circ \text{C}]$$

Voor $\overline{P_{cel}}$ zie formule (23); I_c formule (24) en I_i formule (25).

Procedure:

Aanpassing ΔT retour door middel van keuze I_{cc} .
(zie bldz. 63)

*Adjustment ΔT retour by means of the choice of I_{cc} .
(see page 63)*

S 105

Vochtafgifte

$$\text{Maak: } P1 = Pvc1 (\overline{T_p} ; T_i ; N) \quad [Pa]$$

Voor $\overline{T_p}$ zie formule (26) onder S 65.

$$P2 = Pvc2 (\overline{T_p} ; T_i ; N) \quad [Pa] \quad (27)$$

$$F (T_i) \quad [kg \text{ damp}/Pa \cdot h]$$

$$\Delta p = P2 - P1 \quad [Pa]$$

$$Q_{10} = \frac{F (T_i) \cdot \Delta p \cdot 4,19 \cdot \overline{T_p}}{3600} \quad [kW]$$

S 106

$$\text{Maak: } P3 = Pvc1 (T_i ; T_i ; N) \quad [Pa] \quad (28)$$

$$H = N \cdot V \{ Mv (T_i ; P3) - Mv (T_{e1} ; P_v (T_{e1})) \} \quad [kg \text{ damp}]$$

$$\text{Als } H < 0 \text{ en } \alpha_c < 1 \text{ maak dan } \begin{cases} H_a = 0 \\ H_b = H \end{cases} \quad (29)$$

$$\text{Anders: } \text{maak dan } \begin{cases} H_a = H \\ H_b = 0 \end{cases} \quad (29)$$

$$\text{Als } T_o < T_{e1} \text{ en } T_i > T_{e1} \text{ dan } T_h = T_{e1}$$

$$\text{Anders: } T_h = T_o$$

$$Q_{10}' = 4,19 \left\{ \frac{I_v + \text{abs } \alpha_c \cdot H_a \cdot T_h}{3600} \right\} \quad [kWh]$$

Voor I_v zie formule (22).

S 196

Vochtafgifte; waterhuishouding

$$M_{19} = I_c + I_i + \text{abs } \alpha_c \cdot H_a \quad [kg \text{ water}]$$

Voor I_c zie formule (24); voor I_i zie formule (25);

voor H_a zie formule (29) onder S 106.

S 145

$$\text{Maak: } r1 = I_{vc} \cdot Ma (Te1 ; Pv (Te1)) \quad \frac{\text{Ventilatie in}}{[\text{kg}_{\text{lucht}}/\text{h}]} \quad (30)$$

$$r2 = I_{vc} \cdot Mv (Te1 ; Pv (Te1)) \quad [\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h}] \quad (31)$$

$$Q14 = \frac{r1 \cdot A (Te1) + r2 \cdot V (Te1)}{3600} \quad [\text{kW}]$$

$$S \ 146 \quad Q14' = Q14 \cdot \{ T + (N-1) \Delta t \} \quad [\text{kWh}]$$

S 155

$$\text{Maak: } r3 = I_{vc} \cdot f \left(\frac{Ti}{Te1} \left| \frac{Pv(Te1)}{P2} \right. \right) \cdot Mv (Ti ; P2) \quad \frac{\text{Ventilatie uit}}{[\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h}]} \quad (32)$$

Voor P2 zie formule (27) onder S 105.

$$Q15 = - \left\{ \frac{r1 \cdot A (Ti) + r3 \cdot V (Ti)}{3600} \right\} \quad [\text{kW}]$$

Voor r1 zie formule (30) onder S 145.

S 156

$$I_{vc} > 0 \longrightarrow \begin{cases} H_c = H_b \\ H_d = 0 \end{cases} \quad (33)$$

$$\text{en} \\ I_{vc} = 0 \longrightarrow \begin{cases} H_d = H_b \\ H_c = 0 \end{cases} \quad (33)$$

Voor Hb zie formules (29) onder S 106.

$$Q15' = - \left\{ \frac{r1 \cdot A (Ti) \cdot (T + (N-1) \Delta t) + (U-H_c) \cdot V (Ti)}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}]$$

Voor r1 zie formule (30) onder S 145; voor U zie formule (21).

S 216

Vochtaanvoer via ventilatie; waterhuishouding

$$M21 = r2 \cdot (T + (N-1) \Delta t) - (U-Hc) \quad [\text{kg water}]$$

Voor r2 zie formule (31) onder S 145; voor U zie formule (21);
voor Hc zie formule (33) onder S 156.

S 166

Koeling cellucht

$$Q16' = \left[N \cdot V \cdot \left[\{ Ma (Te1 ; Pv (Te1)) \cdot A (Te1) - Ma (Ti ; P3) \cdot A (Ti) \} + \{ Mv (Te1 ; Pv (Te1)) \cdot (V (Te1) - V(Ti)) \} \right] - (Ha + Hb) \cdot V (Ti) \right] / 3600 \quad [\text{kWh}]$$

Voor P3, Ha, en Hb zie formules (28) en (29) onder S 106.

S 226

Vochtopname cellucht; waterhuishouding

$$M22 = - (Ha + Hb) \quad [\text{kg water}]$$

Voor Ha en Hb zie formule 29 onder S 106.

S 175

Condensvorming

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (Ti - \Delta Tk) < 0$ (alles ijs)
dan S 175 = 1, S 176 = 1 en S 236 = 1
stellen en programma vervolgen bij S 185.

- Anders (alles condens):

$$Q17 = - \left(\frac{Q10}{4,19 \overline{T_p}} + \frac{r2 - r3}{3600} \right) \cdot W (Ti - \Delta Tk) + 1E - 90^{11} \quad [\text{kW}]$$

en S 185 = 1, S 186 = 1, S 246 = 1, S 296 = 1 stellen.

Voor $\overline{T_p}$ zie formule (26) onder S 65; voor r2 zie formule (31) onder S 145; voor r3 zie formule (32) onder S 155.

11)

Zie voetnoot op bldz. 65.

S 176

$$Q17' = - \left[I_c + r_2 (T + (N-1) \Delta t) - U - H_d - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_a \right] \cdot W (T_i - \Delta T_k) / 3600 + 1E - 90^{1)} \quad [\text{kWh}]$$

Voor I_c zie formule (24); voor r_2 zie formule (31) onder S 145;
voor U zie formule (21); voor H_d zie formule (33) onder S 156;
voor H_a zie formule (29) onder S 106.

S 185

$$Q18 = - \left(\frac{Q10}{4,19 \overline{T_p}} + \frac{r_2 - r_3}{3600} \right) \cdot I (T_i - \Delta T_k) \quad \text{IJsforming} \quad [\text{kW}]$$

Voor r_2 zie formule (31) onder S 145; voor r_3 zie formule (32) onder S 155; voor $\overline{T_p}$ zie formule (26) onder S 65.

S 186

$$Q18' = - \left[I_i + r_2 (T + (N-1) \Delta t) - U - H_d - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot H_a \right] \cdot I (T_i - \Delta T_k) / 3600 \quad [\text{kWh}]$$

Voor I_i zie formule (25).

S 236

$$M23 = \frac{Q17' \cdot 3600}{W (T_i - \Delta T_k)} \quad \text{Condens; waterhuishouding} \quad [\text{kg water}]$$

S 246

$$M24 = \frac{Q18' \cdot 3600}{I (T_i - \Delta T_k)} \quad \text{IJsforming; waterhuishouding} \quad [\text{kg ijs}]$$

S 296

$$E29 = Q18' \quad \text{Ontdooien; electriciteitsverbruik} \quad [\text{kWh}]$$

¹⁾ Zie voetnoot op bldz. 65.

Lineaire koeling

(Linear cooling)

S 17 = 1 → S 19

Anders:

Tp (t) volgens hfdst.3.III
Ta (t) volgens hfdst.3.III
Ti min* = Ti
t34 = t3 (t3 volgens hfdst.3.III)
t34* = t3* (t3* volgens hfdst.3.III)
T34 = T3 (T3 volgens hfdst.3.III)
T34* = T3* (T3* volgens hfdst.3.III)

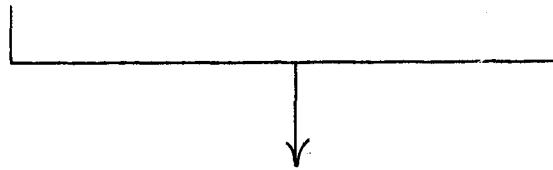
Geforceerde lineaire koeling

(Forced linear cooling)

S 19 = 1 → S 111

Anders:

Tp (t) volgens hfdst.3.IV
Ta (t) volgens hfdst.3.IV
Ti min* volgens hfdst.3.IV (reeds berekend)
t34 = t4 (t4 volgens hfdst.3.IV) (reeds berekend)
t34* = t4* (t4* volgens hfdst.3.IV)
T34 = T4 (T4 volgens hfdst.3.IV) (reeds berekend)
T34* = T4* (T4* volgens hfdst.3.IV)



Maak: Tp (t) abs = Tp (t) + 273,15 [K]

$$I_w = \int_0^T e^{-B / T_p(t) \text{ abs}} \cdot dt \quad [h] \quad (34)$$

Maak: $\left. \begin{array}{l} \text{Pvc1 (Tp (t) ; Ta (t) ; 1)} \\ \text{Pvc2 (Tp (t) ; Ta (t) ; 1)} \\ \text{F (Ta (t))} \end{array} \right\} \text{ met subroutine 4.6.}$

$\Delta p (t) = \text{Pvc2 (t) - Pvc1 (t) met}$

$\Delta p (t) \leq 0 \rightarrow \Delta p (t) = 0$

$$I_{p1} = \int_0^{t_{34}} \text{Pvc2 (t) dt} \quad [\text{Pa.h}] \quad (35)$$

$$I_{p2} = \int_{t_{34}}^T \text{Pvc2 (t) dt} \quad [\text{Pa.h}] \quad (36)$$

$$I_v = \int_0^T F(T_a(t)) \cdot T_p(t) \cdot \Delta p(t) \cdot dt \quad [\text{kg damp} \cdot \text{K}] \quad (37)$$

$$t_{34}^* \neq 0 \rightarrow \gamma = (\text{abs } \alpha_c) t_{34}^*$$

$$t_{34}^* = 0 \text{ en } (\text{abs } \alpha_c) (T_{i \text{ min}}^* - \Delta T_k) \geq 0 \text{ dan } \gamma = T \text{ (alles condens)}$$

$$t_{34}^* = 0 \text{ en } (\text{abs } \alpha_c) (T_o - T_{34} + T_{i \text{ min}}^* - \Delta T_k) < 0 \text{ dan } \gamma = 0 \text{ (alles ijs)}$$

$$I_c = \int_0^\gamma F(T_a(t)) \cdot \Delta p(t) \cdot dt \quad [\text{kg condens}] \quad (38)$$

$$I_i = \int_\gamma^T F(T_a(t)) \cdot \Delta p(t) dt \quad [\text{kg ijs}] \quad (39)$$

$$I_{p3} = \int_0^\gamma P_{vc2}(t) dt \quad [\text{Pa.h}] \quad (40)$$

$$I_{p4} = \int_\gamma^T P_{vc2}(t) dt \quad [\text{Pa.h}] \quad (41)$$

S 47 met $T_{i \text{ min}}^* = T_i$

Veldwarmte produkt

S 49

$$Q_4 = \frac{1000 m_p \cdot c_p \cdot (T_o - T_{34})}{3600 \cdot t_{34}} \quad [\text{kW}]$$

S 48

S 410

$$Q_4' = \frac{1000 m_p \cdot c_p \cdot (T_o - T_i)}{3600} \quad [\text{kWh}]$$

S 57

Veldwarmte verpakking

S 59

$$Q_5 = \frac{C_e \cdot (T_o - T_{34})}{3600 \cdot t_{34}} \quad [kW]$$

S 58

S 510

$$Q_5' = \frac{C_e \cdot (T_o - T_i)}{3600} \quad [kWh]$$

S 66

Warmteproductie

S 69

$$Q_{6T_o} = m_p \cdot A \cdot e^{-B / (T_o + 273,15)} \quad [kW]$$

$$Q_{6T_{34}} = m_p \cdot A \cdot e^{-B / (T_{34} + 273,15)} \quad [kW]$$

Bij de lineaire koeling kan de maximale koelbelasting optreden op het tijdstip $t = 0$ h maar ook op het tijdstip t_{34} h. Dit hangt samen met de verhouding van warmteproductie- en ventilatieaandeel in de warmtehuishouding. Om die reden worden voor een aantal bijdragen in de warmtehuishouding twee waarden berekend. Achteraf wordt beslist welke gesommeerde de grootste belasting van het koelsysteem oplevert.

In the situation of a linear cooling process the maximum cooling load can occur at time $t = 0$ h but also at time $t = t_{34}$ h. This depends on the proportions of the heat-production and the ventilation heat input. For this reason two values are calculated in many of the following contributions to the heat-balance. The decision which of the two values is going to be used is made afterwards.

S 68

S 610

$$Q6' = m_p \cdot A \cdot I_w \quad [kWh]$$

Voor I_w zie formule (34).

S 77 met $Ti \min^* = Ti$

Instalring

S 79

$$Q7To = R (To - T34 + Ti \min^* ; Te1) \quad [kW]$$

$$Q7T34 = R (Ti \min^* ; Te1) \quad [kW]$$

met subroutine hoofdstuk 6.28.

S 78 met $Ti \min^* = Ti$

S 710

$$Q7' = R ((To - T34 + 2 Ti \min^*) / 2 ; Te1) \\ \cdot t34 + R (Ti \min^* ; Te1) \cdot (T - t34) \quad [kWh]$$

S 87

Ventilatorwarmte

S 89

$$Q8 = \left\{ \text{int} \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{cc}}{0,092} + 1 \right) + \right. \\ \left. \text{int} \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{vc}}{0,092} + 1 \right) \right\} \cdot 0,092 \quad [kW]$$

S 88

S 810

$$Q8' = Q8 \cdot T \quad [kWh]$$

S 258

S 2510

$$E25 = Q8' \quad [kWh]$$

S 97

Verlichting

S 99

$$Q_9 = \frac{L_v}{1000} \quad [kW]$$

S 98

S 910

$$Q_9' = \frac{L \cdot T}{24} \quad [kWh]$$

S 268

S 2610

$$E_{26} = Q_9' \quad [kWh]$$

S 107 met $T_{i \min}^* = T_i$

Vochtafgifte

S 109

$$\text{Maak: } P_1 = P_{vc1} (T_o ; T_o - T_{34} + T_{i \min}^* ; 1) \quad [Pa] \quad (42)$$

$$P_2 = P_{vc2} (T_o ; T_o - T_{34} + T_{i \min}^* ; 1) \quad [Pa] \quad (43)$$

$$F (T_o - T_{34} + T_{i \min}^*) \quad [kg \text{ damp}/Pa \cdot h]$$

$$\Delta p = P_2 - P_1 \quad [Pa]$$

$$Q_{10T_o} = \frac{F (T_o - T_{34} + T_{i \min}^*) \cdot \Delta p \cdot 4,19 T_o}{3600} \quad [kW]$$

$$\text{Maak: } P_3 = P_{vc1} (T_{34} ; T_{i \min}^* ; 1) \quad [Pa] \quad (44)$$

$$P_4 = P_{vc2} (T_{34} ; T_{i \min}^* ; 1) \quad [Pa] \quad (45)$$

$$F (T_{i \min}^*) \quad [kg \text{ damp}/Pa \cdot h]$$

$$\Delta p = P_4 - P_3 \quad [Pa]$$

$$Q_{10T_{34}} = \frac{F (T_{i \min}^*) \cdot \Delta p \cdot 4,19 T_{34}}{3600} \quad [kW]$$

S 108

S 1010

$$\text{Maak: } P5 = Pvc1 (Ti ; Ti \min^* ; 1) \quad [Pa] \quad (46)$$

$$H1 = V \cdot \{ Mv (Ti \min^* ; P3) - Mv (Te1 ; Pv (Te1)) \} \quad [kg \text{ damp}]$$

$$H2 = V \cdot \{ Mv (Ti \min^* ; P5) - Mv (Ti \min^* ; P3) \} \quad [kg \text{ damp}]$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Als } H1 \geq 0 \text{ maak dan: } H_a = H1 \\ \quad \quad \quad H_b = 0 \\ \text{Als } H1 < 0 \text{ maak dan: } H_a = 0 \\ \quad \quad \quad H_a = H1 \end{array} \right\} \quad (47)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Als } H2 \geq 0 \text{ Maak dan: } H_c = H2 \\ \quad \quad \quad H_d = 0 \\ \text{Als } H2 < 0 \text{ maak dan: } H_c = 0 \\ \quad \quad \quad H_d = H2 \end{array} \right\} \quad (48)$$

$$Q_{10}' = 4,19 \left\{ \frac{I_v + \text{abs} \alpha_c \cdot H_a \cdot (T_o + T_{34})/2 + \text{abs} \alpha_c \cdot H_c \cdot (T_{34} + T_i)/2}{3600} \right\} \quad [kWh]$$

Voor I_v zie formule (37).

S 198

Vochtafgifte; waterhuishouding

S 1910

$$M19 = I_c + I_i + \text{abs} \alpha_c (H_a + H_c) \quad [kg \text{ water}]$$

Voor I_c en I_i , H_a en H_c zie resp. de formules (38), (39), (47) en (48).

S 147

Ventilatie in

S 149

$$\text{Maak: } r1 = Ivc \cdot Ma (Te1 ; Pv (Te1)) \quad \left[\text{kg}_{\text{lucht}}/\text{h} \right] \quad (49)$$

$$r2 = Ivc \cdot Mv (Te1 ; Pv (Te1)) \quad \left[\text{kg}_{\text{lucht}}/\text{h} \right] \quad (50)$$

$$Q14 = \frac{r1 \cdot A (Te1) + r2 \cdot V (Te1)}{3600} \quad \left[\text{kW} \right]$$

S 148

S 1410

$$Q14' = Q14 \cdot T \quad \left[\text{kWh} \right]$$

S 157 met $Ti \text{ min}^* = Ti$

Ventilatie uit

S 159

$$\text{Maak: } r3 = Ivc \cdot f \left(\frac{To - T34 + Ti \text{ min}^*}{Te1} \middle| \frac{Pv (Te1)}{P2} \right) \cdot Mv (To - T34 + Ti \text{ min}^* ; P2) \quad \left[\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h} \right] \quad (51)$$

Voor P2 zie formule (43) onder S 107; S 109.

$$\text{Maak: } r4 = Ivc \cdot f \left(\frac{Ti \text{ min}^*}{Te1} \middle| \frac{Pv (Te1)}{P4} \right) \cdot Mv (Ti \text{ min}^* ; P4) \quad \left[\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h} \right] \quad (52)$$

Voor P4 zie formule (45) onder S 107; S 109.

$$Q15To = - \left\{ \frac{r1 \cdot A (To - T34 + Ti \text{ min}^*) + r3 \cdot V (To - T34 + Ti \text{ min}^*)}{3600} \right\} \quad \left[\text{kW} \right]$$

Voor r1 zie formule (49) onder S 147; S 149.

$$Q15T34 = - \left\{ \frac{r1 \cdot A (Ti \text{ min}^*) + r4 \cdot V (Ti \text{ min}^*)}{3600} \right\} \quad \left[\text{kW} \right]$$

S 158 met $Ti \min^* = Ti$

S 1510

$$\text{Maak: } P6 = \frac{Ip1}{t34} \quad [Pa] \quad (53)$$

Voor $Ip1$ zie formule (35).

$$P7 = \frac{Ip2}{T - t34} \text{ met } (T - t34) = 0 \rightarrow P7 = 0 \quad [Pa] \quad (54)$$

Voor $Ip2$ zie formule (36).

$$r5 = Ivc \cdot f\left(\frac{(To - T34 + 2 Ti \min^*) / 2}{Te1} \middle| \frac{Pv (Te1)}{P6}\right) \cdot Mv\left(\frac{(To - T34 + 2 Ti \min^*)}{2}; P6\right) [kg_{damp}/h] \quad (55)$$

$$r6 = Ivc \cdot f\left(\frac{Ti \min^*}{Te1} \middle| \frac{Pv (Te1)}{P7}\right) \cdot Mv(Ti \min^*; P7) [kg_{damp}/h] \quad (56)$$

$$Ivc > 0 \rightarrow \begin{cases} Hb = Hb \\ Hd = Hd \\ He = 0 \end{cases} \quad (57)$$

of

$$Ivc = 0 \rightarrow \begin{cases} He = Hb + Hd \\ Hb = 0 \\ Hd = 0 \end{cases} \quad (57)$$

Voor Hb en Hd zie formules (47) en (48) onder S 108; S 1010.

$$Q15' = - [r1 \cdot \{ A ((To - T34 + 2 Ti \min^*) / 2) \cdot t34 + A (Ti \min^*) \cdot (T - t34) \} + (r5 \cdot t34 - Hb) \cdot V ((To - T34 + 2 Ti \min^*) / 2) + (r6 \cdot (T - t34) - Hd) \cdot V (Ti \min^*)] / 3600 \quad [kWh]$$

Voor $r1$ zie formule (49) onder S 147; S 149.

S 218 Vochtaanvoer via ventilatie; waterhuishouding

S 2110

$$M_{21} = r_2 \cdot T - \{ r_5 \cdot t_{34} + r_6 \cdot (T - t_{34}) - H_b - H_d \} \quad [\text{kg water}]$$

Voor r_2 zie formule (50); r_5 en r_6 zie resp. de formules (55) en (56).

Voor H_b en H_d zie resp. de formules (47) en (48).

S 308 met $T_{i \min^*} = T_i$ ΔT_{retour}

S 3010

$$\begin{aligned} \Delta T_{\text{retour}} = & \left[(Q_4' + Q_5' + Q_6' + Q_7' + Q_9') - \right. \\ & \left. \frac{(I_c + I_i) \cdot 2500}{3600} \right] / \frac{I_{cc}}{3600} \left[\{ 1,006 \right. \\ & Ma \left(\left(\frac{T_o - T_{34}}{2} \right) + T_{i \min^*} ; P_6 \right) + \\ & 1,86 M_v \left(\left(\frac{T_o - T_{34}}{2} \right) + T_{i \min^*} ; P_6 \right) \} \\ & \cdot t_{34} + \{ 1,006 Ma (T_{i \min^*} ; P_7) + \\ & 1,86 M_v (T_{i \min^*} ; P_7) \} \cdot (T - t_{34}) \left. \right] \quad [^{\circ}\text{C}] \end{aligned}$$

Voor I_c en I_i zie de formules (38) en (39).

Voor P_6 en P_7 zie de formules (53) en (54).

Procedure: Aanpassing I_{cc} en ΔT_{retour} ; zie bldz. 63.

Adjustment I_{cc} and ΔT_{retour} ; see page 63.

S 168

Koeling cellucht

S 1610

$$\begin{aligned} Q_{16}' = & \left[V \cdot \left[\{ Ma (T_{e1} ; P_v (T_{e1})) \cdot A (T_{e1}) \right. \right. \\ & - Ma (T_{i \min^*} ; P_5) \cdot A (T_{i \min^*}) \} \\ & + \{ M_v (T_{e1} ; P_v (T_{e1})) \cdot (V (T_{e1}) - \\ & V (T_{i \min^*})) \} \left. \right] - (H_a + H_b + H_c + H_d + \\ & H_e) \cdot V (T_{i \min^*}) \left. \right] / 3600 \quad [\text{kWh}] \end{aligned}$$

Voor P_5 , H_a , H_b , H_c , H_d , H_e zie formules (46), (47), (48) onder S 108;

S 1010 en formule (57) onder S 158; S 1510.

S 228

Vochtopname cellucht; waterhuishouding

S 2210

$$M22 = - (H_a + H_b + H_c + H_d + H_e) \quad [\text{kg water}]$$

Voor H_a , H_b , H_c , H_d en H_e zie de formules (47) en (48) onder S 108; S 1010 en formule (57) onder S 158; S 1510.

S 177 met $T_{i \min}^* = T_i$

Condensvorming

S 179

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_o - T_{34} + T_{i \min}^* - \Delta T_k) < 0$ (alles ijs) dan:
S 177, S 178, S 179, S 1710, S 238 en S 2310
= 1 stellen en programma vervolgen bij S 187.

- Anders (ijs en/of condens):

$$Q_{17T_o} = - \left(\frac{Q_{10} T_o}{4,19 \cdot T_o} + \frac{r_2 - r_3}{3600} \right) \cdot W (T_o - T_{34} + T_{i \min}^* - \Delta T_k) + 1E - 90^{1j} \quad [\text{kw}]$$

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_{i \min}^* - \Delta T_k) \geq 0$ (alles condens) dan:
S 187, S 188, S 189 en S 1810; S 248,
S 2410, S 298 en S 2910 = 1 stellen
en verder :

$$Q_{17T_{34}} = - \left(\frac{Q_{10} T_{34}}{4,19 \cdot T_{34}} + \frac{r_2 - r_4}{3600} \right) \cdot W (T_{i \min}^* - \Delta T_k) + 1E - 90^{1j} \quad [\text{kw}]$$

Voor r_2 zie formule (50) onder S 147; S 149.

Voor r_3 zie formule (51) onder S 157; S 159.

^{1j} Zie voetnoot op bldz. 65.

S 178 met $T_{i \min}^* = T_i$

S 1710

• Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_{i \min}^* - \Delta T_k) \geq 0$ (alles condens):

$$Q_{17}' = - \left[I_c \cdot W \left(\frac{(T_o - T_{34})}{2} \right) \frac{t_{34}}{T} + T_{i \min}^* - \Delta T_k \right) + (r_2 - r_5) \cdot t_{34} \cdot W \left((T_o - T_{34}) / 2 + T_{i \min}^* - \Delta T_k \right) + (r_2 - r_6) \cdot (T - t_{34}) \cdot W (T_{i \min}^* - \Delta T_k) - \{ H_e + (1 - \text{abs } \alpha_c) (H_a + H_c) \cdot W (T_{i \min}^* - \Delta T_k) \} \right] / 3600 + 1E - 90^{1J} \quad [\text{kWh}]$$

Voor I_c zie formule (38).

Voor r_2 , r_5 en r_6 zie de formules (50), (55) en (56) onder S 147; S 149; S 158 en S 1510.

Voor H_a en H_c zie de formules (47) en (48) onder S 108; S 1010 en voor H_e de formule (57) onder S 158; S 1510.

• Anders (condens en ijs):

$$\text{Maak: } P_8 = \frac{I_{p3}}{t_{34}^*} \quad [\text{Pa}]$$

In het geval $t_{34}^* = 0$ wordt dit deel van het programma tijdens de berekening nooit bereikt

Voor I_{p3} zie formule (40).

$$\text{Maak: } r_7 = I_{vc} \cdot f \left(\frac{(T_o + T_{34}^*) / 2 - T_{34} + T_{i \min}^*}{T_{e1}} \middle| \frac{P_v(T_{e1})}{P_8} \right) \cdot M_v \left((T_o + T_{34}^*) / 2 - T_{34} + T_{i \min}^* ; P_8 \right) \quad [\text{kg}_{\text{damp}} / \text{h}] \quad (58)$$

$$Q_{17}' = - \left[I_c + (r_2 - r_7) \cdot t_{34}^* \right] \cdot W \left(\frac{(T_o - T_{34} + T_{i \min}^* - \Delta T_k)}{2} \right) / 3600 + 1E - 90^{1J} \quad [\text{kWh}]$$

Voor I_c zie formule (38). Voor r_2 zie formule (50) onder S 147 en S 149.

^{1J} Zie voetnoot op blz. 65.

S 187 met $T_{i \min}^* = T_i$

IJsvorming

S 189

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_o - T_{34} + T_{i \min}^* - \Delta T_k) < 0$ (alles ijs):

$$Q_{18T_o} = - \left(\frac{Q_{10} T_o}{4,19 T_o} + \frac{r_2 - r_3}{3600} \right) \cdot I (T_o - T_{34} + T_{i \min}^* - \Delta T_k) \quad [\text{kW}]$$

- Anders (condens en ijs):

$$Q_{18T_{34}} = - \left(\frac{Q_{10} T_{34}}{4,19 T_{34}} + \frac{r_2 - r_4}{3600} \right) \cdot I (T_{i \min}^* - \Delta T_k) \quad [\text{kW}]$$

Voor r_2 zie formule (50) onder S 147; S 149 en voor r_3 zie formule (51) onder S 157; S 159.

S 188 met $T_{i \min}^* = T_i$

S 1810

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_o - T_{34} + T_{i \min}^* - \Delta T_k) < 0$ (alles ijs):

$$Q_{18}' = - \left[I_i \cdot I \left(\left(\frac{T_o - T_{34}}{2} \right) \frac{t_{34}}{T} + T_{i \min}^* - \Delta T_k \right) + (r_2 - r_5) \cdot t_{34} \cdot I \left(\left(T_o - T_{34} \right) / 2 + T_{i \min}^* - \Delta T_k \right) + (r_2 - r_6) \cdot (T - t_{34}) \cdot I (T_{i \min}^* - \Delta T_k) - \{ H_e + (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot (H_a + H_c) \cdot I(T_{i \min}^* - \Delta T_k) \} / 3600 \right] \quad [\text{kWh}]$$

- Anders (condens en ijs):

$$\text{Maak: } p_9 = \frac{I p_4}{T - t_{34}^*} \quad [\text{Pa}]$$

Wanneer $T - t_{34}^* = 0$ wordt dit punt tijdens de berekening nooit bereikt.

Voor $I p_4$ zie formule (41).

$$\text{Maak: } \overline{T_a^*} = \frac{(T_i \min^* + \Delta T_k) \cdot (t_{34} - t_{34}^*) / 2 + T_i \min^* (T - t_{34})}{(T - t_{34}^*)} \left[^\circ \text{C} \right]$$

$$\text{Maak: } r_8 = I_{vc} \cdot f\left(\frac{\overline{T_a^*}}{T_{e1}} \middle| \frac{P_v(T_{e1})}{P_9}\right) \cdot M_v(\overline{T_a^*}; P_9) \left[\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h} \right] \quad (59)$$

$$Q_{18}' = - \left[I_i + (r_2 - r_8) \cdot (T - t_{34}^*) - \{ H_e + (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot (H_a + H_c) \} \right] \cdot \frac{I(\overline{T_a^*} - \Delta T_k)}{3600} \left[\text{kWh} \right]$$

Voor r_2 , r_5 , en r_6 zie de formules (50), (55) en (56) onder S 147; S 149 en S 158; S 1510.

Voor H_a en H_c zie de formules (47) en (48) onder S 108; S 1010.

Voor H_e zie formule (57) onder S 158; S 1510.

Voor I_i zie formule (39).

S 238 met $T_i \min^* = T_i$ Condens; waterhuishouding
 • Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (T_i \min^* - \Delta T_k) \geq 0$ (alles condens):

$$M_{23} = - \left[I_c + (r_2 - r_5) \cdot t_{34} + (r_2 - r_6) \cdot (T - t_{34}) - H_e - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot (H_a + H_c) \right] \left[\text{kg water} \right]$$

• Anders (ijs en condens):

$$M_{23} = - \left[I_c + (r_2 - r_7) \cdot t_{34}^* \right] \left[\text{kg water} \right]$$

Voor r_2 , r_5 , r_6 , en r_7 zie de formules (50), (55), (56) en (58) onder S 147; S 149; S 158; S 1510; S 178; S 1710.

Voor I_c zie formule (38).

Voor H_a en H_c zie de formules (47) en (48) onder S 108; S 1010 en voor H_e de formule (57) onder S 158; S 1510.

S 248 met $Ti \min^* = Ti$

IJsvorming; waterhuishouding

S 2410

- Als $(\text{abs } \alpha_c) \cdot (To - T34 + Ti \min^* - \Delta Tk)$
 < 0 (alles ijs):

$$M24 = - [Ii + (r2 - r5) \cdot t34 + (r2 - r6) \cdot (T - t34) - He - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot (Ha + Hc)] \quad [kg \text{ ijs}]$$

- Anders (ijs en condens):

$$M24 = - [Ii + (r2 - r8) \cdot (T - t34^*) - He - (1 - \text{abs } \alpha_c) \cdot (Ha + Hc)] \quad [kg \text{ ijs}]$$

Voor $r2$, $r5$, $r6$ en $r8$ zie de formules (50), (55), (56) en (59) onder S 147; S 149; S 158; S 1510 en S 188; S 1810.

Voor Ii zie formule (39).

Voor Ha en Hc zie de formules (47) en (48) onder S 108; S 1010 en voor He de formule (57) onder S 158; S 1510.

S 298

Ontdooien; electriciteitsverbruik

S 2910

$$E29 = Q18' \quad [kWh]$$

Keuze QTo of $QT34$ (Choice between QTo and $QT34$; see comment on page 82)

$$QTo = Q6 To + Q7 To + Q10 To + Q15 To + Q17 To + Q18 To$$

$$QT34 = Q6 T34 + Q7 T34 + Q10 T34 + Q15 T34 + Q17 T34 + Q18 T34$$

$$QTo > QT34 \text{ dan: } Qn \text{ To posten invullen}$$

Anders: $Qn T34$ posten invullen.

S 17 Koudebehoefte (capaciteit)
 S 19

$$\text{Koudebehoefte} = \sum_{n=4}^{18} Q_n \quad [\text{kW}]$$

S 18 Koudebehoefte (energieverbruik)
 S 110

$$\text{Koudebehoefte} = \sum_{n=4}^{18} Q_n \quad [\text{kWh}]$$

S 27 Geadviseerde koelcapaciteit
 S 29

$$\text{Geadv. koelcapaciteit} = \frac{6}{5} \cdot \sum_{n=4}^{18} Q_n \quad [\text{kW}]$$

S 37 Volumieke koudebehoefte
 S 39
 S 38 Vol. koudebehoefte = $\frac{\text{Koudebehoefte}}{V}$ $[\text{kW/m}^3]$
 S 310 of
 $[\text{kWh/m}^3]$

Bewaarproces.

(Storage)

S 611

Warmteproductie

$$Q_6 = m_p \cdot A \cdot e^{-B / (T_i + 273,15)} \quad [kW]$$

S 612

$$Q_6' = 24 \cdot Q_6 \quad [kWh/dag]$$

S 711

Instraling

$$Q_7 = R (T_i ; \hat{T}_e) \quad [kW]$$

S 712

$$Q_7' = 24 \cdot R (T_i ; \overline{T}_e) \quad [kWh/dag]$$

R met subroutine hoofdstuk 6.28.

S 811

Ventilatorwarmte

$$Q_8 = \left\{ \text{int} \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{cs}}{0,092} + 1 \right) + \right. \\ \left. \text{int} \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{vs}}{0,092} + 1 \right) \right\} 0,092 \quad [kW]$$

S 812

$$Q_8' = \left\{ \left(\text{int} \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{cs}}{0,092} + 1 \right) \right) \cdot \right. \\ \left. 0,092 m_h + \left(\text{int} \left(\frac{7,3 \times 10^{-5} I_{vs}}{0,092} + 1 \right) \right) \cdot \right. \\ \left. 0,092 n_h \right\} \quad [kWh/dag]$$

S 2512

$$E25 = Q8' \quad [\text{kWh/dag}]$$

S 911

$$Q9 = \frac{Lv}{1000} \quad \frac{\text{Verlichting}}{[\text{kW}]}$$

S 912

$$Q9' = L \quad [\text{kWh/dag}]$$

S 2612

$$E26 = Q9' \quad [\text{kWh/dag}]$$

S 1011

Vochtafgifte

$$\text{Maak: } P1 = Pvs2 (\hat{Pv} (Ti) ; Pv (Te) ; Te ; Ivs) \quad [\text{Pa}] \quad (60)$$

$$Q10 = \frac{Ics \cdot (P1 - \hat{Pv} (Ti)) \cdot 4,19 Ti}{3600 \cdot (Ti + 273,15) \cdot 461,5} \quad [\text{kW}]$$

S 1012

$$\text{Maak: } \beta = \text{int abs} \left\{ \frac{(24 - m_h \cdot r) \cdot (Q6' + Q7' + Q9') \cdot 3600}{48 \cdot \{0,03(1000m_{p,p} + Ce) + \frac{101325 \cdot V \cdot 1,006}{(Ti+273,15) \cdot 287,1}\}} \right\} \quad (61)$$

$$\text{Maak: } P2 = Pvs2 (\overline{Pv} (Ti) 1 ; Pv (Te) ; Te ; Ivs) \quad [\text{Pa}] \quad (62)$$

$$P3 = Pvs2 (\overline{Pv} (Ti) 2 ; Pv (Te) ; Te ; o) \quad [\text{Pa}] \quad (63)$$

$$\Delta p1 = P2 - \overline{Pv} (Ti) 1$$

$$\Delta p2 = P3 - \overline{Pv} (Ti) 2$$

$$\Delta p3 = Ps (Ti) - \overline{Pv} (Ti) 1$$

$$Q_{10}' = \left[\frac{I_{cs}}{3600 (T_i + 273,15)} \{ n_h \cdot \Delta p_1 + (m_h \cdot r - n_h) \cdot \Delta p_2 \} + \left\{ \frac{\beta \cdot V \cdot \Delta p_3}{3600 (T_i + 273,15)} \right\} \right] \cdot 4,19 T_i \quad [kWh/dag]$$

S 1912

Vochtafgifte; waterhuishouding

$$M_{19} = \frac{Q_{10}' \times 3600}{4,19 T_i} \quad [kg/dag]$$

S 3011

ΔT retour capaciteit

$$\Delta T \text{ retour} = \left[(Q_6 + Q_7 + Q_9) - \frac{Q_{10}}{4,19 T_i} \cdot 2500 \right] / \frac{I_{cs}}{3600} \{ 1,006 Ma (T_i ; P_1) + 1,86 Mv (T_i;P_1) \} \quad [^{\circ}C]$$

Voor P1 zie formule (60) onder S 1011.

Procedure:

Aanpassing ΔT retour door middel van keuze van I_{cs} (zie bldz. 63)

Adjustment ΔT retour by means of the choice of I_{cs} (see page 63)

S 3012

ΔT retour energieverbruik

$$\Delta T \text{ retour} = \left[(Q_6' + Q_7' + Q_9') - \frac{M_{19}}{3600} \cdot 2500 \right] / I_{cs} \left[\{ 1,006 Ma (T_i ; P_2) + 1,86 Mv (T_i;P_2) \} \cdot n_h + \{ 1,006 Ma (T_i ; P_3) + 1,86 Mv (T_i ; P_3) \} \cdot (m_h \cdot r - n_h) \right] \quad [^{\circ}C]$$

Voor P2 en P3 zie de formules (62) en (63) onder S 1012.

Procedure:

Aanpassing ΔT retour door middel van de keuze van $m_h \cdot r$ (= aantal draaiuren van de circulatieventilatoren per dag of bij continu circuleren het aantal draaiuren van de compressor per dag).

Adjustment ΔT retour by means of the choice of $m_h \cdot r$ (= working hours of the circulation fans in a day or in the case of continued circulation the number of working hours of the compressor in a day).

Controleproces:

Nu de ΔT retour bekend is wat betreft grootte en teken kan in de bewaarsituatie een controleproces worden uitgevoerd op de keuze van een heater of een koeler bij de inputprocedure. Deze keuze is op dat moment niet zeker te stellen in het geval de celtemperatuur T_i ligt in de nabijheid van de gemiddelde buitentemperatuur $\overline{T_e}$. Een wijziging als gevolg van de controle kan in het geval dat de relatieve vochtigheid in de cel is voorgescreven ook gevolgen hebben voor de eerder genomen keuze tussen de rekenposten S 1111, S 1112 en S 1211, S 1212.

Now the value and the sign of ΔT retour are known it is necessary to insert a control proces in the calculations for storage. This is especially important if the room temperature T_i is near the mean outdoor temperature $\overline{T_e}$. During the input a choice was made between heating and cooling. But under the described circumstances that choice is not a sure one. A change as a result of the control process can affect the choice between the elements S 1111, S 1112 and S 1211, S 1212 of the calculation, which was made earlier in the case of a prescribed relative humidity in the room.

- Als ΔT retour energieverbruik ≤ 0 en $\alpha_S = +1$
dan: ga naar S 1111

- Als ΔT retour energieverbruik ≥ 0 en $\alpha_S < 1$
dan: ga naar S 1111

Anders:

- Als ΔT retour energieverbruik > 0 en $\alpha_S = +1$
dan:
 - opnemen onder gegevens bij bewaring
"stookcel \rightarrow koelcel"
 - stel $\Delta T_{ks} = \Delta T_{ks}^* = \Delta T_k$
stel $\alpha_S = \alpha_C$
 - als $\alpha_S > 0$ dan opvragen:
verschiltemperatuur koelerooppervlak - lucht :
 ΔT_{ks}^* [$^{\circ}\text{C}$]
stel $\Delta T_{ks} = \Delta T_{ks}^*$
als $T_i - \Delta T_{ks}^* < -2^{\circ}\text{C}$ dan $\alpha_S = -1$
anders opvragen type koeler:
droge koeler: $\alpha_S = -1$
natte koeler: $\alpha_S = 0$
 - start de berekening voor bewaring opnieuw.
- Als ΔT retour energieverbruik < 0 en $\alpha_S < 1$
dan:
 - als S 1212 = 0 dan ga naar S 1211
 - als S 1212 = 1 en S 1112 = 0 dan:
opnemen onder gegevens bij bewaring
"koelcel \rightarrow stookcel"
verder: stel S 1111 = 1
S 1112 = 1
S 1211 = 0
S 1212 = 0
en ga naar S 1211

- Anders:
 - opnemen onder gegevens bij bewaring
 "koelcel → stookcel"
 stel $\alpha_s = +1$
 stel $\Delta T_{ks} = \Delta T_{ks}^* = 0$
 en start de berekening voor bewaring opnieuw.

S 1111

Verwarming voor drogen bij
aanwezigheid van een koeler

$$Q_{11} = \frac{I_{cs}}{3600} \{ M_a (T_i ; \hat{P}_v (T_i)) \cdot 1,006 + \\ M_v (T_i ; \hat{P}_v (T_i)) \cdot 1,86 \} \cdot (\Delta T_{ks} - \Delta T_{ks}^*) \quad [kW]$$

- Print onder gegevens bewaring " ΔT_k drogen =" ΔT_{ks} °C
 Opmerking:
 De lucht moet worden verwarmd van temperatuur
 $(T_i - \Delta T_{ks} + \Delta T_{ks}^*)$ naar T_i .

S 1112

$$Q_{11}' = m_h \cdot r \cdot Q_{11} \quad [kWh/dag]$$

want $\hat{P}_v (T_i) = \overline{P}_v (T_i) 1 = \overline{P}_v (T_i) 2$
 in deze situatie.

S 2812

Verwarming; electriciteitsverbruik

$$E_{28} = Q_{11}'$$

S 1211 Koeling voor drogen bij aanwezigheid van een heater

- Als $\text{abs}(\Delta T \text{ retour capaciteit}) > \text{abs}(\Delta T_{ks}^* - \Delta T_{ks})$
en/of
 $\text{abs}(\Delta T \text{ retour verbruik}) > \text{abs}(\Delta T_{ks}^* - \Delta T_{ks})$
dan:
 - stel $\alpha_s = +1$
 - stel $\Delta T_{ks}^* = \Delta T_{ks} = 0$
 - stel $S_{ij} = 1$ voor $i = 11, 12, 17, 18, 23, 24, 29$
en $j = 11, 12.$
 - stel $S_{ij} = 0$ voor $i = 13, 20, 27$
en $j = 11, 12.$

- Anders:

$$Q_{12} = \frac{I_{cs}}{3600} (M_a(T_i; \hat{P}_v(T_i)) \cdot 1,006 + \\ M_v(T_i; \hat{P}_v(T_i)) \cdot 1,86) \cdot (\Delta T_{ks}^* - \\ \Delta T_{ks} - \Delta T \text{ retour capaciteit}) \quad [kW]$$

- Print onder gegevens bewaring: " $\Delta T_k \text{ drogen} = \Delta T_{ks}$ " °C

Opmerking:

De lucht moet worden gekoeld van temperatuur
($T_i + \Delta T \text{ retour}$) naar ($T_i - \Delta T_{ks} + \Delta T_{ks}^*$);
 $\Delta T \text{ retour}$ zelf heeft een negatieve waarde.

S 1212

$$Q_{12}' = \frac{m_h \cdot r \cdot Q_{12} \cdot (\Delta T_{ks}^* - \Delta T_{ks} - \Delta T \text{ retour verbruik})}{(\Delta T_{ks}^* - \Delta T_{ks} - \Delta T \text{ retour capaciteit})} \quad [kWh/dag]$$

S 1312

Bevochtiger

Hier wordt gestart met de berekening van de energiepost en wel om de reden, dat de waarde van ΔT_{ks} moet worden aangepast om rekening te houden met het koelend effect van het verdampende water. Voor de dampdruk subroutine betekent het, nu de waarde van de dampdruk na de bevochtiger vastligt ($\hat{P}_v(T_i) = \overline{P}_v(T_i)_1 = \overline{P}_v(T_i)_2$), dat P_{vs1} wel wordt beïnvloed door de verandering in de waarde van ΔT_{ks} maar P_{vs2} niet. Daarom kan ΔT_{ks} hier worden gewijzigd zonder dat een correctie behoeft plaats te vinden op voorgaande berekeningen.

This procedure starts with the energy consumption calculation. The reason for the change in procedure is that an adjustment of the temperature level of the cooler is required to take into account the cooling effect of evaporation of water. This temperature level is indicated with regard to the room temperature T_i by ΔT_{ks} . In this case where the vapour pressure of the air leaving the humidifier is prescribed ($\hat{P}_v(T_i) = \overline{P}_v(T_i)_1 = \overline{P}_v(T_i)_2$) does this mean for the vapor pressures calculated by means of subroutine 4.7 that the vapour pressure indicated by P_{vs1} is affected and the vapour pressure indicated by P_{vs2} not. For this reason we can change the value ΔT_{ks} here without problems for the calculation carried out in the storage situation up till now.

Berekening ΔT_{ks}

Ingang A: Maak: $P_4 = P_{vs1}(\overline{P}_v(T_i)_1; P_v(\overline{T}_e); \overline{T}_e; I_{vc}) [Pa]$

Maak: $P_5 = P_{vs1}(\overline{P}_v(T_i)_2; P_v(\overline{T}_e); \overline{T}_e; 0) [Pa]$

Maak: $\Delta p_4 = \overline{P}_v(T_i)_1 - P_4 \quad \Delta p_4 \leq 0 \rightarrow \Delta p_4 = 0$

en $\Delta p_5 = \overline{P}_v(T_i)_2 - P_5 \quad \Delta p_5 \leq 0 \rightarrow \Delta p_5 = 0$

$$\text{Maak: } \bar{w} = I_{cs} \cdot \{ n_h \cdot M_v(T_i; \Delta p_4) + (m_h \cdot r - n_h) \cdot M_v(T_i; \Delta p_5) \} \quad | \text{ kg water/dag}$$

$$\text{Maak: } \Delta T = \frac{\bar{w} [(\text{Sgn } T_v) \cdot \{ 1,86(T_v - T_i) \} - (1 - \text{Sgn } T_v) \cdot 2500]}{24 \cdot I_{cs} \{ 1,006 M_a(T_i; \bar{P}_v(T_i) 1) + 1,86 M_v(T_i; \bar{P}_v(T_i) 1) \}} \quad [^\circ \text{C}]$$

$$\text{Maak: } \Delta T^* = \Delta T + \Delta T_{ks}^*$$

$$\text{Wanneer } \Delta T^* < 0 \text{ } ^\circ \text{C} \text{ dan } \Delta T^* = 0 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$\text{Wanneer } \Delta T^* > 2 \text{ } ^\circ \text{C} \text{ en } \alpha_s = 0 \text{ dan } \Delta T^* = 2 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Wanneer $|\Delta T^* - \Delta T_{ks}| < 0,05 \text{ } ^\circ \text{C}$ → uit
 Anders: stel $\Delta T_{ks} = \Delta T^*$ → naar ingang A

Output: ΔT_{ks} definitief
 en \bar{w} definitief (64)

• Print onder gegevens bewaring "ΔTk bevochtiger =" $\Delta T_{ks} \text{ } ^\circ \text{C}$

$$Q_{13}' = \frac{\bar{w}}{3600} [(\text{Sgn } T_v) \cdot V(T_v) + (1 - \text{Sgn } T_v) \cdot W(T_i)] \quad [\text{kWh/dag}]$$

S 1311

$$\text{Maak: } P_6 = P_{vs1}(\hat{P}_v(T_i); P_v(\hat{T}_e); \hat{T}_e; I_{vs}) \quad [\text{Pa}] \quad (65)$$

$$\text{Maak: } \Delta p_6 = \hat{P}_v(T_i) - P_6$$

$$\text{met } \Delta p_6 \leq 0 \rightarrow \Delta p_6 = 0$$

$$\text{Maak: } \hat{w} = I_{cs} \cdot M_v(T_i; \Delta p_6) \quad [\text{kg water/h}] \quad (66)$$

$$Q_{13} = \frac{\hat{w}}{3600} \cdot [(\text{Sgn } T_v) \cdot V(T_v) + (1 - \text{Sgn } T_v) \cdot W(T_i)] \quad [\text{kW}]$$

$$\bullet \quad \hat{w} \geq \frac{\bar{w}}{m_h} \rightarrow w^* = \hat{w}$$

$$\text{Anders: } \rightarrow w^* = \frac{\bar{w}}{m_h}$$

Print onder gegevens bewaring:

"maximale bevochtiging =" w^* [kg/h]

S 2012

Bevochtiging; waterhuishouding

$$M20 = \bar{w} \quad \left[\text{kg water/dag} \right]$$

Voor \bar{w} zie formule (64) onder S 1312.

S 2712

Bevochtiger; verbruik electriciteit

$$E27 = \text{Sgn } T_v \cdot \bar{w} \cdot \{ V(T_v) - W(T_i) \} / 3600 \left[\text{kWh/dag} \right]$$

Voor \bar{w} zie formule (64) onder S 1312.

S 1411

Ventilatie in

$$\text{Maak: } r1 = I_{vs} \cdot Ma(\hat{T}_e; P_v(\hat{T}_e)) \quad \left[\text{kg}_{\text{lucht}}/\text{h} \right] \quad (67)$$

$$r2 = I_{vs} \cdot M_v(\hat{T}_e; P_v(\hat{T}_e)) \quad \left[\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h} \right] \quad (68)$$

$$Q14 = \frac{r1 \cdot A(\hat{T}_e) + r2 \cdot V(\hat{T}_e)}{3600} \quad \left[\text{kW} \right]$$

S 1412

$$\text{Maak: } r3 = I_{vs} \cdot Ma(\bar{T}_e; P_v(\bar{T}_e)) \quad \left[\text{kg}_{\text{lucht}}/\text{h} \right] \quad (69)$$

$$r4 = I_{vs} \cdot M_v(\bar{T}_e; P_v(\bar{T}_e)) \quad \left[\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h} \right] \quad (70)$$

$$Q14' = n_h \cdot \frac{r3 \cdot A(\bar{T}_e) + r4 \cdot V(\bar{T}_e)}{3600} \quad \left[\text{kWh/dag} \right]$$

S 1511

Ventilatie uit

$$\text{Maak: } r5 = I_{vs} \cdot f\left(\frac{T_i}{T_e} \middle| \frac{P_v(\hat{T}_e)}{P1}\right) \cdot$$

$$M_v(T_i; P1) \quad \left[\text{kg}_{\text{damp}}/\text{h} \right] \quad (71)$$

Voor P1 zie formule (60) onder S 1011.

$$Q_{15} = - \left\{ \frac{r_1 \cdot A(T_i) + r_5 \cdot V(T_i)}{3600} \right\} \quad [kW]$$

Voor r_1 zie formule (67) onder S 1411.

S 1512

$$\text{Maak: } r_6 = I_{vs} \cdot f \left(\frac{T_i}{T_e} \middle| \frac{P_v(T_e)}{P_2} \right) \cdot M_v(T_i; P_2) [kg_{damp}/h] \quad (72)$$

Voor P_2 zie formule (62) onder S 1012.

$$Q_{15}' = -n_h \left\{ \frac{r_3 \cdot A(T_i) + r_6 \cdot V(T_i)}{3600} \right\} \quad [kWh/dag]$$

Voor r_3 zie formule (69) onder S 1412.

S 2112 Vochtaanvoer via ventilatie; waterhuishouding

$$M_{21} = n_h \cdot (r_4 - r_6) \quad [kg \text{ water/dag}]$$

Voor r_4 zie formule (70) onder S 1412.

Voor r_6 zie formule (72) onder S 1512.

S 1711

Condensvorming

- Als $(\text{abs } \alpha_s) \cdot (T_i - \Delta T_{ks}) < 0$ (alles ijs) dan:
S 1711 = 1, S 1712 = 1 en S 2312 = 1 stellen en
programma vervolgen bij S 1811.

- Anders (alles condens)

$$Q_{17} = - \left(\frac{Q_{10}}{4,19 T_i} + \frac{r_2 - 25}{3600} + \frac{\hat{w}}{3600} \right) \cdot$$

$$W(T_i - \Delta T_{ks}) + 1E - 90^{1)} \quad [kW]$$

¹⁾ Zie voetnoot op bldz. 65.

Verder: S 1811 = 1, S 1812 = 1, S 2412 = 1 en S 2912 = 1 stellen.

Voor r2 zie formule (68) onder S 1411, voor r5 zie formule (71) onder S 1511, voor \hat{w} zie formule (66) onder S 1311.

S 1712

$$Q17' = - \left(\frac{M19 + M20 + M21}{3600} \right) \cdot W (T_i - \Delta T_{ks}) + 1E - 90^{1j} \quad [kWh/dag]$$

Voor M19 zie onder S 1912, voor M20 onder S 2012 en voor M21 onder S 2112.

S 1811

IJsvorming

$$Q18 = - \left(\frac{Q10}{4,19 T_i} + \frac{r2 - r5}{3600} + \frac{\hat{w}}{3600} \right) \cdot I (T_i - \Delta T_{ks}) \quad [kW]$$

Voor r2 zie formule (68) onder S 1411, voor r5 zie formule (71) onder S 1511, voor \hat{w} zie formule (66) onder S 1311.

S 1812

$$Q18' = - \left(\frac{M19 + M20 + M21}{3600} \right) \cdot I (T_i - \Delta T_{ks}) \quad [kWh/dag]$$

Voor M19 zie onder S 1912, voor M20 zie onder S 2012 en voor M21 zie onder S 2112.

S 2312

Condens; waterhuishouding

$$M23 = - (M19 + M20 + M21) \quad [kg \text{ water/dag}]$$

^{1j} Zie voetnoot op bldz. 65.

S 2412

IJsvorming; waterhuishouding

$$M24 = - (M19 + M20 + M21) \quad [\text{kg ijs/dag}]$$

S 2912

Ontdooien; electriciteitsverbruik

$$E29 = Q18' \quad [\text{kWh/dag}]$$

S 111

Koudebehoefte (capaciteit)

$$\text{Koudebehoefte} = \sum_{n=4}^{18} Q_n \quad [\text{kW}]$$

S 112

Koudebehoefte (energieverbruik)

$$\text{Koudebehoefte} = \sum_{n=4}^{18} Q_n \quad [\text{kWh/dag}]$$

S 211

Geadviseerde koelcapaciteit

$$\text{Geadviseerde koelcapaciteit} = \frac{6}{5} \cdot \sum_{n=4}^{18} Q_n \quad [\text{kW}]$$

S 311

Volumieke koudebehoefte

S 312

$$\text{Volumieke koudebehoefte} = \frac{\text{Koudebehoefte}}{V} \quad \begin{matrix} [\text{kW/m}^3] \\ \text{of} \\ [\text{kWh/m}^3 \cdot \text{dag}] \end{matrix}$$

8. VOORBEELD VAN EEN UITDRAAI

EXAMPLE OF THE OUTPUT

De gegevens waarop de volgende uitdraai is gebaseerd zijn ingevuld op het formulier van bijlage 1. De uitvoer omvat 6 delen. In volgorde:

1. Een weergave van de invoergegevens met in de titel het karakter van de cel.
2. Bijzondere kenmerken van ieder gebruikt koelproces of van het bewaarproces.
3. De warmtehuishouding in de cel (Qn posten uit hfdst. 7).
4. De vochtthuishouding in de cel (Mn posten uit hfdst. 7).
5. Het electriciteitsverbruik (En posten uit hfdst. 7).
6. Een opgave van de feitelijk gebruikte circulatie en draai-tijd van de circulatieventilator. Deze getallen kunnen verschillen van de gegeven getallen omdat de laatstgenoemden niet strookten met de resulterende warmtebalans.

Voor een meer gedetailleerde bespreking van het rekenresultaat en de toepassing daarvan wordt verwezen naar de handleiding²⁾.

Here follows an example of an output. The input data are given in appendix 1. The output consists of 6 parts. In sequence:

- 1. A summary of the input data and a heading which reflects the character of the room.*
- 2. Special features of the cooling models and the storage model involved.*
- 3. The heat balance of the room (Qn values from chapter 7).*
- 4. The moisture balance of the room (Mn values from chapter 7).*
- 5. Electricity consumption (En values from Chapter 7).*
- 6. The circulation rate and the working hours of the circulation fan which have been used in the calculations.*

These figures can differ from the one's which were stated at the time of the input while they didn't agree with the resulting heat balance (see the procedures for matching I_{cc} resp. I_{cs} and m_h with ΔT retour, page 63.

²⁾ J.W. Rudolphij, L.M.M. Tijskens en G. van Beek, Handleiding bij het rekenprogramma KOCA; Sprenger Instituut rapport no. 2054 (1979).

A more detailed survey of the output and the use that can be made of the results of the computer program is given in a manual (see foot note on page 108)

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOELCEL

NAAM AANVRAGER	SPRENGER INSTITUUT
DATUM	NOVEMBER 1978
COMMENTAAR	9 oC BEHANDELING

NAAM PRODUKT	IRIS BOLLEN	
MASSA PRODUKT	30.720 ton	m _p
WARMTEPROD. BIJ INZETTEMP.	0.131 kW/ton	
WARMTEPROD. BIJ CELTEMP.	0.068 kW/ton	
VOCHTAFGIFTECOEFF.	2.20E-11 kg/kgPas	m
SOORTELIJKE WARMTE	1.700 kJ/kgK	c _p
MASSA EMBAL.(totaal)	5.760 ton	Me
WARMTECAPACITEIT EMB.	15.667 MJ/K	Ce
REGIO CEL	NOORD HOLLAND	
START IN MAAND NR	9.000	
AANTAL MAAND	2.000	
TEMPERATUUR KLIMAAT 1,↑,-,m	16.30 16.30 14.15 12.00 oC	Te
REL. VOCHTIGH. KLIMAAT 1,↑,-,m	82.00 82.00 82.50 83.00 %	Φe
VOLUME van de CEL	235.200 m3	V
RV in de CEL	75.000 %	Φ
INZETTEMP. PRODUKT (To)	17.000 oC	
TEMP. in de CEL (Ti)	9.000 oC	
VERSCHILTEMP. LUCHT-KOELER	2.000 oC	ΔTk = ΔTks*
TYPE KOELER	DROOG	
CIRCULATIE KOELEN	9408.000 m3/uur	Icc
CIRCULATIE BEWAREN	4704.000 m3/uur	Ics
DRAAIUREN	12.000 uur/dag	m _h
VENTILATIE BEWAREN	940.800 m3/uur	Ivs
DRAAIUREN	12.000 uur/dag	n _h
TOTAAL VERMOGEN VERLICHTING	11.040 kWh/dag	L
GEWENSTE KOELTIJD	24.000 uur	T
HALFKOELTIJD	2.000 uur	t _{1/2}
AANTAL CHARGES	1.000	N

WAND	OPPERVLAK	TEMPERATUUR	K-WAARDE	INSTRALING	
Nr	m2	oC	W/m2K	kW/K	
1	131.0	FILE	0.350	0.0458	
2	56.0	FILE	0.250	0.0140	
3	56.0	12	1.100	0.0616	R (Ta ; Te)

EXP. KOELEN	$T-T_i=0.03(T_o-T_i)$	10.00 h	9.25 °C	$t_1 ; T_1$
LIN. KOELEN	$T_1 = T_i$	16.16 h	10.21 °C	$t_3 ; T_3$
op basis van $t = 0$				
BEWAREN	beta =	28		β
	delta T-drogen =	4.18	°C	ΔT_{ks}

NETTO	EXP. KOELEN		LIN. KOELEN		BEWAREN	
	CAPACITEIT kW	VERBRUIK kWh	CAPACITEIT kW	VERBRUIK kWh	CAPACITEIT kW	VERBRUIK kWh/dag
=====						
KOUDEBEHOEFTE	58.26	252.86	13.88	278.33	15.61	203.81
ADVIES CAPACITEIT	58.26		15.27		18.73	
VOL.KOUDEBEHOEFTE	0.25	1.08	0.06	1.18	0.07	0.87
=====						
	Qn					
VELDW. PRODUKT	40.22	116.05	6.09	116.05		
VELDW. EMB.	12.07	34.82	1.83	34.82		
WARMTEPROD.	4.04	54.93	4.04	67.19	2.09	50.22
INSTRALING	0.62	14.92	-0.20	8.26	0.62	11.83
VENTILATOREN	0.83	19.87	1.66	39.74	0.74	8.83
VERLICHTING e.d.	0.46	11.04	0.46	11.04	0.46	11.04
VERWARM./KOELING					6.30	75.58
VOCHTAFGIFTE >	0.05	0.17	0.02	0.23	0.01	0.24
VENTILATIE IN >					12.67	133.65
VENTILATIE UIT <					-7.24	-87.26
KOELING CELLUCHT		1.17		1.17		
CONDENS <<<	-0.02	-0.12	-0.01	-0.17	-0.03	-0.34
=====						

WATERHUISHOUDING			
	kg water	kg water	kg water/dag
=====			
	Mn		
VOCHTAFGIFTE +	13.35	15.17	22.88
VOCHTAANV.v. VENT+			37.76
VOCHTOPNAME CEL -	0.87	0.87	
CONDENS -	-14.22	-16.03	-60.65
=====			

ELECTRISCH VERBRUIK			
	kWh	kWh	kWh/dag
=====			
	En		
KOELMACHINE			
VENTILATOREN	19.87	39.74	8.83
VERWARM./KOELING			75.58
VERLICHTING e.d.	11.04	11.04	11.04
TOTAAL			
=====			

delta-T RETOUR °C	2.81	1.29	0.93	0.14
CIRCULATIE m3/uur	9408.00	21168.00	8232.00	8232.00
DRAAIUREN CIRC.				12.00

Bijlage 1

INVOER REKENPROGRAMMA "KOCA"

=====

SPRENGER INSTITUUT - POSTBUS 17 - 6700 AA WAGENINGEN

1. NAAM AANVRAGER: Sprenger Instituut 2. DATUM : november 1978
3. COMMENTAAR : 9 °C behandeling

4. NAAM PRODUKT : Iris bollen 5. GEGEVENS: FILE ☒ -> 7
EIGEN OPGAVE ☐ -> 6

6. A= [kW/ton]
B= [K]
m= [kg water/kg produkt.Pa.s.]
c= [KJ/kg.K]

7. HOEVEELHEID PRODUKT: 30,72 [ton]

8. VERPAKKING *	1	2	3	4
MATERIAAL :	hout			
GEWICHT :	5,76			

* KAN VERVALLEN WANNEER HET ALLEEN GAAT OM BEWAREN.

9. REGIO CEL : 1. UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND 0
2. ZEELAND-ZUIDHOLLANDSE EILANDEN 0
3. NOORD HOLLAND ☒
4. FRIESLAND-GRONINGEN-DRENTE-N.O.P. 0
5. LIMBURG 0
6. GELDERLAND-OVERIJSEL 0
7. ZUID HOLLAND 0
8. EIGEN OPGAVE: T = [°C]
R.V.= [%] 0 -> 12

10. START IN DE MAAND (1 t/m 12) : 9
11. AANTAL MAANDEN (ALLEEN VOOR BEWAREN) : 2
12. VOLUME VAN DE CEL : 235,2 [m3]
13. TEMPERATUUR VAN DE CEL * : 9 [°C]

* $T_i < -3$ °C via 14 -> 17 t/m 19 -> 27

14. VERSCHILTEMPERATUUR KOELER-LUCHT; delta Tk : 2 [°C]
WANNEER $T_i - \text{delta Tk} < -2$ °C --> 16

15. TYPE KOELER: DROGE KOELER ☒
NATTE KOELER ☐

16. 1. ALLEEN BEWAREN 0 17 t/m 19 -> 27 e.v.
2. ALLEEN KOELEN OF VERWARMEN 0 20 e.v.
3. BEIDE ☒ 17 e.v.

17. 1. CIRCULATIEVOUD BEWAREN : 20 [aantal x celinh./h]
2. DRAAIUREN CIRCULATIEVENTILATOR PER DAG * : 12 [h/dag]
* ALS 17.2=24 DAN -> 17.3; ZONIET DAN -> 18
3. DRAAIUREN COMPRESSOR OF HEATER PER DAG : [h/dag]
18. 1. VENTILATIEVOUD BEWAREN : 4 [aantal x celinh./h]
2. DRAAIUREN VENTILATIEVENTILATOR PER DAG : 12 [h/dag]

- 2 -

19. RELATIEVE VOCHTIGHEID IN DE CEL: VRIJ 0 -----> 20
VOORGESCHREVEN ■ ; R.V. = 75 [%]

WANNEER HIERVOOR BEVOCHTIGD MOET WORDEN ?

WATER 0
STOOM OF DAMP 0 ; TEMPERATUUR = [°C]

WANNEER HIERVOOR GEDROOGD MOET WORDEN ?

VERSCHILTEMP. KOELEROPPERVL.-LUCHT * : ΔT_k = [°C]
TYPE KOELER : DROGE KOELER * 0
NATTE KOELER * 0

* VERVALT WANNEER 14 EN 15 REEDS ZIJN BEANTWOORD.

20 AANTAL CHARGES: 1 ; TIJD TUSSEN CHARGES: — [h]

21 INZETTEMPERATUUR PRODUKT : FILE 0
EIGEN OPGAVE ■ ; T_o = 17 [°C]

22. MIN. TEMP. VAN DE KOELLUCHT (GEFORCEERDE KOELING) : — [°C]

23. CIRCULATIEVOUD KOELEN OF VERWARMEN: 40 [aantal x celinh./h]

24. VENTILATIEVOUD KOELEN OF VERWARMEN: 0 [aantal x celinh./h]

25. GEWENSTE AFKOELTIJD (PER CHARGE) : 24 [h]

26. KOELEIGENSCHAPPEN VAN DE VERPAKKINGSEENHEID

OPGAVE IN WELKE VORM ? HALFKOELTIJD ■ : 2 [h]
90 % KOELTIJD 0 : [h]
SPECIFIEKE KOELSNELHEID 0 : [1/h]

27. VERMOGEN VERLICHTING e.d. 2 plafond ventila- : 460 [W]
AANTAL BRANDUREN PER DAG toren van 230 W : 24 [h/dag]

28. HOEVEEL SOORTEN WANDEN AAN DE CEL (MAX. 10) : 3
GEEF VOOR IEDERE SOORT OP: 1. OPPERVLAKE : 131.04 [m²]

2. BUITENTEMPERATUUR ;
FILE ■
MET DE HAND 0 : [°C]

1e wand 3. K - WAARDE : 0.35 [W/m²K]
OF WANDOPBOUW d.m.v.

MATERIAALSOORT:
LAAGDIKTE: [m]
MATERIAALDIKTE:
LAAGDIKTE: [m]
ENZ.

SPOUW AANWEZIG : JA 0
NEE 0

- 3 -

OPBOUW WANDEN:

2e wand : 56 m²

file

K-waarde = 0,25 W/m²K

3e wand : 56 m²

12 °C

K-waarde = 1,1 W/m²K

BIJZONDERHEDEN

KOCAPROD

NR. PRODUCT	A kW/ton	B per K	VOCHTPROD. kg/kg.Pa.s	S.WARMTE kJ/kg.K
1 AARDAPPEL	3.82407E+02	2757.6852	6.00000E-10	3.5000
2 AARDBEI	2.12438E+10	7351.2914	8.50000E-10	3.8500
3 ABRIKOOS	4.87614E+12	9034.2658	1.50000E-10	3.7000
4 ANANAS	2.17489E+04	3626.2378	1.50000E-10	3.7000
5 ANDIJVIE	1.75237E+08	5751.1907	9.90000E-10	3.9000
6 ANJER	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
7 APPEL BEWAAR-	1.55455E+10	7682.9041	5.50000E-11	3.6400
8 APPEL ZOMER-	3.74489E+10	7793.4605	5.50000E-11	3.6400
9 ARTISJOK	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
10 ASPERGE	4.69024E+09	6875.4888	0.00000E+00	3.8900
11 AUBERGINE	4.39542E+07	5551.3469	6.00000E-10	3.9300
12 AUGURK	2.84579E+12	8926.0606	8.00000E-10	4.0700
13 AVOCADO	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
14 BANAN GROEN	4.54263E+08	6434.8570	2.00000E-10	3.4000
15 BANAN RIJP	1.18596E+09	6623.6748	2.00000E-10	3.4000
16 BES KRUIS-	2.87275E+14	10190.3854	2.00000E-10	3.8300
17 BES RODE	4.92754E+14	10339.5121	2.20000E-10	3.7700
18 BES ZWARTE	2.25508E+15	10607.4540	2.00000E-10	3.6700
19 BOON SLA- /SNIJ- /SPEK	9.78089E+11	8286.0190	1.50000E-09	3.9000
20 BOON SPERZIE-	9.80000E+11	8286.0000	1.20000E-09	3.8100
21 BOON TUIN-	1.18511E+15	10442.5225	1.50000E-09	3.9000
22 BRAAM	2.66655E+12	8570.4797	4.40000E-10	3.6900
23 BROCCOLI	2.46470E+16	11004.4266	8.00000E-10	3.9000
24 CHAMIGNON	2.46324E+10	7143.4501	7.00000E-10	3.9000
25 CHRYSANT	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
26 CITROEN GEEL	1.52032E+09	7067.7711	1.90000E-10	3.7500

27	DOPERWT VERS CEDOFT	1.59793E+12	8186.0552	5.00000E-10	3.6400
28	DOPERWT VERS I/D PEUL	2.57099E+10	7169.2115	1.20000E-09	3.8900
29	DRUIF	1.93888E+10	7723.5976	2.00000E-10	3.6000
30	FRAMBOOS	2.31999E+12	8498.6676	9.00000E-10	3.6000
31	FRESIA	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
32	GLADIOLEN KNOLLEN	1.72273E+09	7020.7732	2.20000E-11	1.7000
33	GLADIOOL	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
34	GRAPEFRUIT	2.28353E+10	7833.6024	9.00000E-11	3.9200
35	HYACINTH ROOD	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
36	HYACINTH WIT	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
37	IRIS BLOEMEN	1.27758E+08	5565.4433	2.60000E-09	3.8000
38	IRIS BOLLN	1.55024E+09	6728.7534	2.20000E-11	1.7000
39	KERS ZOET MET STEEL	1.49662E+13	9359.4068	5.94000E-10	3.6400
40	KERS ZOET ZONDER STEEL	1.49662E+13	9359.4068	1.64000E-10	3.6400
41	KERS ZUUR MET STEEL	3.50746E+13	9574.4761	5.94000E-10	0.0000
42	KERS ZUUR ZONDER STEEL	3.50746E+13	9574.4761	1.64000E-10	3.6400
43	KOMKOMMER	3.41661E+12	8976.7118	8.00000E-10	4.0400
44	KOOL BLOEM-	2.52185E+12	8665.1665	8.90000E-10	3.9000
45	KOOL BOEREN-	7.15886E+09	7163.7429	1.80000E-10	3.9000
46	KOOL CHINESE	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
47	KOOL RODE BEWAAR-	4.73151E+09	7223.6834	4.50000E-11	3.9800
48	KOOL RODE ZOMER-	2.80786E+10	7546.1649	2.60000E-10	3.9800
49	KOOL SAVOOIE	1.77030E+12	8508.2233	9.50000E-10	3.7300
50	KOOL SPITS-	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
51	KOOL SPRUIT-	2.41264E+12	8556.3874	2.00000E-09	3.9100
52	KOOL WITTE-	1.98497E+09	6922.9734	3.00000E-10	3.9800
53	KOOLRAAP	1.04567E+11	8075.4287	6.00000E-10	3.9800
54	KOOLRABI (ZONDER BLAD)	3.01771E+07	5678.5936	3.00000E-10	3.6000
55	KROOT	2.08271E+13	9496.2104	6.00000E-10	3.8400
56	LELIE	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
57	MANDARIJN	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
58	MANGO	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000

59	MELOEN	3.63542E+09	7133.1490	2.00000E-11	3.9700
60	PAPRIKA	1.63337E+19	13076.3397	2.00000E-10	3.9400
61	PEER BEWAAR-	2.58146E+15	10911.7942	8.00000E-11	3.7000
62	PEER ZOMER-	4.90466E+15	11041.4199	8.00000E-11	3.9000
63	PERZIK	3.90947E+13	9658.5976	1.00000E-09	3.8300
64	PETERSELIE	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
65	POSTELEIN	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
66	FREI	3.68146E+14	9918.8151	6.00000E-10	3.9000
67	FRUIM GELE	1.80123E+12	8737.5288	2.00000E-10	3.6800
68	FRUIM RODE	1.74804E+13	9380.3602	3.00000E-10	3.6800
69	RAAPSTEELE	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
70	RABARBER	9.81950E+08	6577.5515	8.00000E-10	4.0200
71	RADIJS (MET BLAD)	2.03366E+09	6645.1595	6.90000E-09	3.9800
72	RADIJS (ZONDER BLAD)	1.42417E+12	8713.0011	1.50000E-09	3.9800
73	RAMENAS	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
74	ROZEN	1.02669E+08	5699.8541	2.90000E-09	3.8000
75	SCHORSENEER	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
76	SELDERIJ BLEEK-	6.59821E+12	9158.7737	1.30000E-09	3.9000
77	SELDERIJ KNOL-	1.45400E+09	6689.1427	5.00000E-10	3.8700
78	SELDERIJ STRUIK-	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
79	SINAASAPPEL	1.37839E+12	8951.0262	1.20000E-10	3.7500
80	CJALOT	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
81	SLA KROP-	1.64436E+12	8633.5211	4.00000E-09	4.0200
82	SLA VELD-	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
83	SPINAZIE	7.23873E+13	9410.4988	6.00000E-09	3.8900
84	TOMAAAT	1.78042E+10	7603.8727	3.00000E-11	3.9400
85	TUINKERS	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
86	TULF	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
87	TULPEN BOLLEN	1.46648E+09	6979.5190	2.20000E-11	1.7000
88	UI (DROOG)	1.08943E+06	4941.0846	2.20000E-11	1.7000
89	UI (GROEN)	2.13373E+10	7289.2634	0.00000E+00	3.8900
90	WASPEEN	0.00000E+00	0.0000	0.00000E+00	0.0000
91	WITLOF	1.03990E+11	7949.2946	7.00000E-10	3.8800
92	WITLOFWORTELEN	3.13549E+08	6188.4438	1.80000E-09	3.6900
93	WORTEL (MET LOOF)	6.72230E+09	7023.8647	8.00000E-10	3.8900
94	WORTEL (ZONDER LOOF)	1.54382E+09	6841.5799	7.00000E-10	3.8900

COCAKLIM

Mnd	REGIO 1		REGIO 2		REGIO 3		REGIO 4		REGIO 5		REGIO 6		REGIO 7	
	Temp.	R.V.%	Temp.	R.V.%	Temp.	R.V.%	Temp.	R.V.%	Temp.	R.V.%	Temp.	R.V.%	Temp.	R.V.%
1	4.00	87.00	4.50	85.00	4.50	86.00	3.50	90.00	4.00	87.00	4.00	84.00	5.00	85.00
2	4.50	84.00	5.00	85.00	4.50	85.00	4.20	86.00	5.00	84.00	4.80	82.00	5.00	82.00
3	7.00	79.00	7.00	82.00	6.00	83.00	6.00	83.00	8.00	79.00	7.00	77.00	5.50	80.00
4	10.50	75.00	10.00	78.00	8.50	81.00	9.50	79.00	11.10	73.00	10.80	73.00	9.00	78.00
5	15.30	74.00	14.00	76.00	12.80	78.00	14.00	77.00	15.20	72.00	15.00	72.00	12.20	76.00
6	18.00	74.00	17.00	77.00	15.80	80.00	17.00	77.00	18.00	73.00	18.30	73.00	16.00	75.00
7	19.10	77.00	18.80	78.00	17.80	82.00	18.60	80.00	19.70	76.00	19.90	76.00	18.00	79.00
8	19.20	80.00	18.90	79.00	18.30	81.00	18.50	81.00	19.70	77.00	19.50	78.00	18.50	78.00
9	16.50	82.00	16.90	80.00	16.30	82.00	16.10	83.00	16.60	80.00	16.90	82.00	15.00	79.00
10	12.00	86.00	12.80	83.00	12.00	83.00	11.50	86.00	11.80	84.00	11.80	83.00	11.00	82.00
11	7.50	89.00	8.40	87.00	7.90	86.00	6.90	89.00	7.30	86.00	7.00	87.00	7.20	85.00
12	4.40	90.00	5.20	88.00	5.00	87.00	3.70	91.00	4.00	88.00	3.90	88.00	5.30	85.00

Bijlage 4

KOCAMAT

NR	MATERIAAL	LAMBDA W/mK
1	ALUMINIUM	175.0000
2	ARGEX	0.1000
3	ASBESTBOARD	0.3500
4	ASBESTCEMENTPLAAT	1.0000
5	BAKSTEEN	1.5000
6	BETON	1.6000
7	BETONSTEEN 0800	0.4100
8	BETONSTEEN 1200	0.5200
9	BETONSTEEN 1400	0.6400
10	BETONSTEEN 1800	0.7900
11	BETONSTEEN HOL 1200	0.5000
12	BETONSTEEN HOL 1400	0.5600
13	BIMSBETON	0.7000
14	BITUMEN	0.1800
15	DURISOL	0.8000
16	ETERNIET	0.2900
17	GASBETON 0500	0.2400
18	GASBETON 0650	0.3100
19	GASBETON 0800	0.4100
20	GASBETON 1000	0.4700
21	GIPSPLAAT	0.2550
22	GLASWOL	0.0410
23	GRINDBETON	1.7000
24	HOLLITH CEMENT GEBONDEN	0.3500
25	HOLLITH KORRELS	0.2600
26	HOOGOVENSLAKKEN	0.1400
27	HOUT HARD	0.2300
28	HOUT ZACHT	0.1400
29	HOUTSPAANDER CEMENTPLAAT	0.8000
30	ISOLIET CEMENTGEBONDEN (KLINKER-)	0.3500
31	ISOLIET KORRELS (KLINKER-)	0.2600
32	ISOLIETBETON (KLINKER-)	1.3000
33	KALKBETONSTEEN 0800	0.4400
34	KALKBETONSTEEN 1000	0.5600
35	KALKZANDSTEEN	1.5000
36	KLEGECEL	0.0220
37	KUNSTSTOFPLAAT	0.5000
38	KURK 120	0.0410
39	KURK 160	0.0440
40	KURK 200	0.0470
41	MEVRIET	0.8000
42	MINERAALWOL	0.0410
43	MULTIFLEX	0.2300
44	NEHOBOWAND	1.5000
45	PERLITE	0.0430
46	PLEISTER	1.2000
47	POLYFLEX	0.0440
48	POLYSTYREEN 25	0.0310
49	POLYSTYREEN 30	0.0350

50	POLYURETHAAN	0.0260
51	PVC SCHUIM HARD 30-40	0.0220
52	PVC SCHUIM HARD 50-75	0.0260
53	PVC SCHUIM ZACHT	0.0440
54	ROOFMATE	0.0300
55	SPAANPLAAT	0.0470
56	STAAL	50.0000
57	STAMPBETON	2.3000
58	STEENWOL	0.0410
59	STYROFOAM	0.0340
60	TEMPEX	0.0350
61	UF SCHUIM	0.0480
62	VLAASCHIEVEN	0.1400
63	ZAND	0.5800